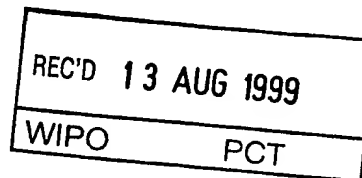


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PCT/DE 99 / 01365
09/700928
ESV

DE 99 / 1365

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



Bescheinigung

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren und Anordnung zum rechnergestützten Austausch
kryptographischer Schlüssel zwischen einer ersten Computer-
einheit und einer zweiten Computereinheit"

am 20. Mai 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole H 04 L, G 06 F und G 09 C der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 11. Juni 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Agurks

Aktenzeichen: 198 22 795.7



8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

THIS PAGE BLANK (USPTO)

~~198 22 795,7 vom 20.5.98~~

1

Beschreibung

Verfahren und Anordnung zum rechnergestützten Austausch kryptographischer Schlüssel zwischen einer ersten Computereinheit
5 und einer zweiten Computereinheit

Die Erfindung betrifft den rechnergestützten Austausch kryptographischer Schlüssel zwischen einer ersten Computereinheit und einer zweiten Computereinheit.

10

Informationstechnische Systeme unterliegen verschiedenen Bedrohungen. So kann z.B. übertragene Information von einem unbefugten Dritten abgehört und verändert werden. Eine weitere Bedrohung bei der Kommunikation zweier Kommunikationspartner
15 liegt in der Vorspiegelung einer falschen Identität eines Kommunikationspartners.

20

Diesen und weiteren Bedrohungen wird durch verschiedene Sicherheitsmechanismen, die das informationstechnische System vor den Bedrohungen schützen sollen, begegnet. Ein zur Sicherung verwendeter Sicherheitsmechanismus ist die Verschlüsselung der übertragenen Daten. Damit die Daten in einer Kommunikationsbeziehung zwischen zwei Kommunikationspartnern verschlüsselt werden können, müssen vor der Übertragung der eigentlichen Daten zuerst Schritte durchgeführt werden, die die Verschlüsselung vorbereiten. Die Schritte können z.B. darin bestehen, daß sich die beiden Kommunikationspartner auf einen Verschlüsselungsalgorithmus einigen und daß ggf. die gemeinsamen geheimen Schlüssel vereinbart werden.

30

Besondere Bedeutung gewinnt der Sicherheitsmechanismus der Verschlüsselung bei Mobilfunksystemen, da die übertragenen Daten in diesen Systemen von jedem Dritten ohne besonderen zusätzlichen Aufwand abgehört werden können.

35

Dies führt zu der Anforderung, eine Auswahl bekannter Sicherheitsmechanismen so zu treffen und diese Sicherheitsmechanis-

men geeignet zu kombinieren, sowie Kommunikationsprotokolle zu spezifizieren, daß durch sie die Sicherheit von informationstechnischen Systemen gewährleistet wird.

- 5 Es sind verschiedene asymmetrische Verfahren zum rechnergestützten Austausch kryptographischer Schlüssel bekannt.

Asymmetrische Verfahren, die geeignet sind für Mobilfunksysteme, sind in [1], [2], [3] und [4] beschrieben.

10

Das in [1] beschriebene Verfahren bezieht sich ausdrücklich auf lokale Netzwerke und stellt höhere Rechenleistungsanforderungen an eine Computereinheit eines Kommunikationspartners während des Schlüsselaustauschs. Außerdem wird in dem Verfahren
15 ren mehr Übertragungskapazität benötigt als bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, da die Länge der Nachrichten größer ist als bei der Erfindung.

20

Das in [2] beschriebene Verfahren hat einige grundlegende Sicherheitsziele nicht realisiert. Die explizite Authentifikation des Netzes durch den Benutzer wird nicht erreicht. Außerdem wird ein vom Benutzer an das Netz übertragener Schlüssel vom Netz nicht an den Benutzer bestätigt. Auch eine Zusage der Frische (Aktualität) des Schlüssels für das Netz
25 ist nicht vorgesehen. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens besteht in der Beschränkung auf das Rabin-Verfahren bei der impliziten Authentifizierung des Schlüssels durch den Benutzer. Dies schränkt das Verfahren in einer flexibleren Anwendbarkeit ein. Außerdem ist kein Sicherheitsmechanismus vorgesehen, der die Nichtabstreitbarkeit von übertragenen Daten
30 gewährleistet. Dies ist ein erheblicher Nachteil vor allem auch bei der Erstellung unanfechtbarer Gebührenabrechnungen für ein Mobilfunksystem. Auch die Beschränkung des Verfahrens auf den National Institute of Standards in Technology Signature Standard (NIST DSS) als verwendete Signaturfunktion
35 schränkt das Verfahren in seiner allgemeinen Verwendbarkeit ein.

Das in [3] beschriebene Verfahren hat ein grundlegendes Sicherheitsziel nicht realisiert: Die explizite Authentifikation des Benutzers durch das Netz wird nicht erreicht.

5

Das in [4] beschriebene Verfahren basiert auf der Annahme der Existenz von gemeinsamen geheimen Schlüsseln sowohl zwischen Benutzer und besuchtem Netz als auch zwischen Benutzer und Heimatnetz vor Beginn eines Protokollaufs. Diese Annahme ist für viele Einsatzfälle zu einschränkend.

10

Ferner ist ein Verfahren zum sicheren Datenaustausch zwischen vielen Teilnehmern unter Mitwirkung einer Zertifizierungsin-
stanz aus [5] bekannt. Das bei diesem Verfahren verwendete
15 Protokoll weist eine Zufallszahl, eine Identitätsangabe sowie einen öffentlichen Schlüssel und einen Sitzungsschlüssel auf. Grundlegende Sicherheitsziele werden jedoch bei diesem Verfahren nicht realisiert.

15

20 Weiterhin ist ein Verfahren für eine PC-PC-Kommunikation unter Mitwirkung eines Trust-Centers aus [6] bekannt.

20

Aus [7] ist ein Verfahren bekannt, bei dem unter Verwendung sowohl eines öffentlichen als auch eines geheimen Schlüssels sowie unter Verwendung einer Zufallszahl ein Sitzungsschlüssel erzeugt wird. Dieser wird mit einem öffentlichen Schlüssel verknüpft.

25

Weiterhin ist in [8] ein Verfahren beschrieben, bei dem eine Benutzereinheit sich gegenüber einer Netzeinheit identifiziert. Anschließend findet unter Anwendung einer Hash-Funktion zwischen der Benutzereinheit und der Netzeinheit ein Authentifizierungsprozeß statt.

30

35 Weitere sichere Kommunikationsprotokolle, die aber wesentliche grundlegende Sicherheitsziele nicht realisieren, sind aus [9] bekannt.

35

Aus [10] ist es bekannt, daß in einer ersten Computereinheit aus einer ersten Zufallszahl mit Hilfe eines erzeugenden Elements einer endlichen Gruppe ein erster Wert gebildet wird, der zu einer zweiten Computereinheit übertragen wird. In der zweiten Computereinheit wird ein Sitzungsschlüssel gebildet durch Hash-Wert-Bildung des ersten Werts, der mit einem geheimen Netzschlüssel exponiert wird. In der ersten Computereinheit wird ebenfalls der Sitzungsschlüssel gebildet, dort jedoch durch Hash-Wert-Bildung eines öffentlichen Netzschlüssels, der mit der ersten Zufallszahl exponiert wird. Ferner wird dort ein Hash-Wert über den Sitzungsschlüssel gebildet und der Hash-Wert wird digital signiert. Der sich ergebende Signatuterm wird zu der zweiten Computereinheit übertragen und dort verifiziert.

Das in [11] beschriebene Verfahren erreicht die wesentlichen Sicherheitsziele, jedoch mit einem höheren Aufwand an Rechenleistung und Übertragungskapazität.

Asymmetrische Verfahren beruhen im wesentlichen auf zwei Problemen der Komplexitätstheorie, dem Problem zusammengesetzte Zahlen effizient zu faktorisieren, und dem diskreten Logarithmusproblem (DLP). Das DLP besteht darin, daß in geeigneten Rechenstrukturen zwar Exponentiationen effizient durchgeführt werden können, daß jedoch für die Umkehrung dieser Operation, das Logarithmieren, keine effizienten Algorithmen bekannt sind.

Solche Rechenstrukturen sind z.B. unter den oben bezeichneten endlichen Gruppen zu verstehen. Diese sind z.B. die multiplikative Gruppe eines endlichen Körpers (z.B. Multiplizieren Modulo p , wobei p eine große Primzahl ist), oder auch sogenannte "elliptische Kurven". Elliptische Kurven sind vor allem deshalb interessant, weil sie bei gleichem Sicherheitsniveau wesentliche kürzere Sicherheitsparameter erlauben. Dies betrifft die Länge der öffentlichen Schlüssel, die

Länge der Zertifikate, die Länge der bei der Sitzungsschlüsselvereinbarung auszutauschenden Nachrichten sowie die Länge von digitalen Signaturen, die jeweils im weiteren beschrieben werden. Der Grund dafür ist, daß die für elliptische Kurven bekannten Logarithmiervverfahren wesentlich weniger effizient sind als die für endliche Körper.

Eine große Primzahl in diesem Zusammenhang bedeutet, daß die Größe der Primzahl so gewählt werden muß, daß die Logarithmierung so aufwendig ist, daß sie nicht in vertretbarer Zeit durchgeführt werden kann. Vertretbar bedeutet in diesem Zusammenhang einen Zeitraum entsprechend der Sicherheitspolitik von mehreren Jahren bis Jahrzehnten und länger.

Unter einer Hash-Funktion ist in diesem Zusammenhang eine Funktion zu verstehen, bei der es nicht möglich ist, zu einem gegebenen Funktionswert einen passenden Eingangswert zu berechnen. Ferner wird einer beliebig langen Eingangszeichenfolge eine Ausgangszeichenfolge fester Länge zugeordnet. Des weiteren können für die Hash-Funktion zusätzliche Eigenschaften gefordert werden. Eine solche zusätzliche Eigenschaft ist Kollisionsfreiheit, d.h. es darf nicht möglich sein, zwei verschiedene Eingangszeichenfolgen zu finden, die dieselbe Ausgangszeichenfolge ergeben.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein vereinfachtes Verfahren zum rechnergestützten Austausch kryptographischer Schlüssel anzugeben, das nicht die Existenz gemeinsamer geheimer Schlüssel voraussetzt.

Dieses Problem wird durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 1 sowie durch die Anordnung gemäß Patentanspruch 29 gelöst.

Bei dem Verfahren wird aus einer ersten Zufallszahl mit Hilfe eines erzeugenden Elements einer endlichen Gruppe in der ersten Computereinheit ein erster Wert gebildet. Eine erste Nachricht wird von der ersten Computereinheit an die zweite

Computereinheit übertragen, wobei die erste Nachricht mindestens den ersten Wert aufweist. In der zweiten Computereinheit wird ein Sitzungsschlüssel mit Hilfe einer ersten Hash-Funktion gebildet, wobei eine erste Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion mindestens einen ersten Term aufweist, der gebildet wird durch eine Exponentiation des ersten Werts mit einem geheimen Netzschlüssel. In der ersten Computereinheit wird der Sitzungsschlüssel gebildet mit Hilfe der ersten Hash-Funktion, wobei eine zweite Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion mindestens einen zweiten Term aufweist, der gebildet wird durch eine Exponentiation eines öffentlichen Netzschlüssels mit der ersten Zufallszahl. In der ersten Computereinheit wird mit Hilfe einer zweiten Hash-Funktion oder der ersten Hash-Funktion eine vierte Eingangsgröße gebildet, wobei eine dritte Eingangsgröße für die erste Hash-Funktion oder für die zweite Hash-Funktion zur Bildung der vierten Eingangsgröße eine oder weitere Größen aufweist, aus denen auf den Sitzungsschlüssel eindeutig rückgeschlossen werden kann. In der ersten Computereinheit wird ein Signaturterm aus mindestens der vierten Eingangsgröße gebildet, unter Anwendung einer ersten Signaturfunktion. Eine dritte Nachricht wird von der ersten Computereinheit an die zweite Computereinheit übertragen, wobei die dritte Nachricht mindestens den Signaturterm der ersten Computereinheit aufweist. In der zweiten Computereinheit wird der Signaturterm verifiziert.

Bei der Anordnung sind die erste Computereinheit und die zweite Computereinheit derart eingerichtet, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- aus einer ersten Zufallszahl wird mit Hilfe eines erzeugenden Elements einer endlichen Gruppe in der ersten Computereinheit ein erster Wert gebildet,
- eine erste Nachricht wird von der ersten Computereinheit an die zweite Computereinheit übertragen, wobei die erste Nachricht mindestens den ersten Wert aufweist,
- in der zweiten Computereinheit wird ein Sitzungsschlüssel mit Hilfe einer ersten Hash-Funktion gebildet, wobei eine

erste Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion mindestens einen ersten Term aufweist, der gebildet wird durch eine Exponentiation des ersten Werts mit einem geheimen Netzschlüssel,

- 5 - in der ersten Computereinheit wird der Sitzungsschlüssel gebildet mit Hilfe der ersten Hash-Funktion, wobei eine zweite Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion mindestens einen zweiten Term aufweist, der gebildet wird durch eine Exponentiation eines öffentlichen Netzschlüssels mit der
- 10 ersten Zufallszahl,
- in der ersten Computereinheit wird mit Hilfe einer zweiten Hash-Funktion oder der ersten Hash-Funktion eine vierte Eingangsgröße gebildet, wobei eine dritte Eingangsgröße für die erste Hash-Funktion oder für die zweite Hash-
- 15 Funktion zur Bildung der vierten Eingangsgröße eine oder weitere Größen aufweist, aus denen auf den Sitzungsschlüssel eindeutig rückgeschlossen werden kann.
- in der ersten Computereinheit wird ein Signaturterm aus mindestens der vierten Eingangsgröße gebildet unter Anwendung einer ersten Signaturfunktion,
- 20 - eine dritte Nachricht wird von der ersten Computereinheit an die zweite Computereinheit übertragen, wobei die dritte Nachricht mindestens den Signaturterm der ersten Computereinheit aufweist, und
- 25 - in der zweiten Computereinheit wird der Signaturterm verifiziert.

Die durch die Erfindung erreichten Vorteile liegen vor allem in einer erheblichen Reduktion der Länge der übertragenen

30 Nachrichten und in der Realisierung weiterer Sicherheitsziele.

Die Erfindung ist außerdem sehr leicht an unterschiedliche Anforderungen anpaßbar, da es sich nicht auf bestimmte Algorithmen für Signaturbildung und Verschlüsselung beschränkt.

35

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

5 In einer Weiterbildung ist es vorgesehen, einen langlebigen geheimen Netzschlüssel und einen langlebigen öffentlichen Netzschlüssel einzusetzen.

10 Unter einem langlebigen Schlüssel ist im weiteren ein Schlüssel zu verstehen, der für mehrere Protokolläufe eingesetzt wird.

Durch die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden folgende Sicherheitsziele realisiert:

- 15 - Gegenseitige explizite Authentifizierung von dem Benutzer und dem Netz, d.h. die gegenseitige Verifizierung der behaupteten Identität,
- 20 - Schlüsselvereinbarung zwischen dem Benutzer und dem Netz mit gegenseitiger impliziter Authentifizierung, d.h., daß durch das Verfahren erreicht wird, daß nach Abschluß der Prozedur ein gemeinsamer geheimer Sitzungsschlüssel zur Verfügung steht, von dem jede Partei weiß, daß nur das authentische Gegenüber sich ebenfalls im Besitz des geheimen Sitzungsschlüssels befinden kann,
- 25 - Zusicherung der Frische (Aktualität) des Sitzungsschlüssels für den Benutzer,
- gegenseitige Bestätigung des Sitzungsschlüssels von dem Benutzer und dem Netz, d.h. die Bestätigung, daß das Gegenüber tatsächlich im Besitz des vereinbarten geheimen Sitzungsschlüssels ist.

30

Auf diese Sicherheitsziele beziehen sich auch die folgenden vorteilhaften Weiterbildungen des Verfahrens.

35 In einer Weiterbildung wird zusätzlich in der ersten Computereinheit ein vertrauenswürdiger öffentlicher Benutzerschlüssel der ersten Computereinheit z.B. in Form eines Benutzerzertifikats verfügbar gemacht und in der zweiten Compu-

tereinheit wird ein vertrauenswürdiger öffentlicher Netz-
schlüssel der zweiten Computereinheit z.B. in Form eines
Netzzertifikats verfügbar gemacht. Der öffentliche Netz-
schlüssel muß bei dieser Weiterbildung nicht in der ersten
5 Computereinheit verfügbar sein.

In einer weiteren Ausgestaltung ist es nicht nötig, daß der
öffentliche Benutzerschlüssel in der zweiten Computereinheit
verfügbar ist.

10

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist in der ersten Compu-
tereinheit kein vertrauenswürdiger öffentlicher Netzschlüssel
der zweiten Computereinheit erforderlich. In der ersten Com-
puterereinheit ist ein vertrauenswürdiger öffentlicher Zertifi-
15 zierungsschlüssel der Zertifizierungscomputereinheit verfü-
bar. Dies bedeutet, daß die erste Computereinheit sich den
vertrauenswürdigen öffentlichen Netzschlüssel in Form eines
Netzzertifikats von einer Zertifizierungscomputereinheit
"besorgen" muß. Ebenso braucht die zweite Computereinheit den
20 vertrauenswürdigen öffentlichen Benutzerschlüssel in Form ei-
nes Benutzerzertifikats von der Zertifizierungscomputerein-
heit.

25

Durch die Weiterbildungen der Erfindung gemäß den Patentan-
sprüchen 13, 15 und 20 wird das Sicherheitsziel der Benutzer-
anonymität realisiert, d.h. die Vertraulichkeit der Identität
des Benutzers gegenüber Dritten.

30

Die Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Pa-
tentanspruch 15 ermöglicht die Verwendung von temporären Be-
nutzeridentitäten.

35

Durch die Weiterbildung des Verfahrens gemäß Patentanspruch
16 wird vor allem eine zusätzliche Authentifizierung der
zweiten Computereinheit gegenüber der ersten Computereinheit
gewährleistet.

Durch die Weiterbildung gemäß Patentanspruch 18 wird das Sicherheitsziel der ~~Zusicherung der Frische (Aktualität)~~ des Sitzungsschlüssels für das Netz realisiert.

- 5 Durch die Weiterbildung gemäß Patentanspruch 21 wird zusätzlich das Sicherheitsziel der Nichtabstreitbarkeit von Daten realisiert, die vom Benutzer an das Netz gesendet wurden.

10 Die Zeichnungen stellen bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung dar, die im folgenden näher beschrieben werden.

Es zeigen

15 Figur 1 ein Ablaufdiagramm, das ein erstes Ausführungsbeispiel des Verfahrens mit einigen Weiterbildungen darstellt;

Figur 2 ein Ablaufdiagramm, das ein zweites Ausführungsbeispiel des Verfahrens mit einigen Weiterbildungen darstellt;

20 Figuren 3 ein Ablaufdiagramm, das ein drittes Ausführungsbeispiel des Verfahrens mit einigen Weiterbildungen darstellt;

Erstes Ausführungsbeispiel

25 In Figur 1 ist durch eine Skizze der Ablauf des Verfahrens dargestellt. Das Verfahren betrifft den Austausch kryptographischer Schlüssel zwischen einer ersten Computereinheit U und einer zweiten Computereinheit N, wobei unter der ersten Computereinheit U eine Computereinheit eines Benutzers eines Mobilfunknetzes zu verstehen ist und unter einer zweiten Com-
30 putereinheit N eine Computereinheit des Netzbetreibers eines Mobilfunksystems zu verstehen ist.

35 Für das Verfahren wird vorausgesetzt, daß in der ersten Computereinheit U ein vertrauenswürdiger öffentlicher Netzschlüssel g^S der zweiten Computereinheit N verfügbar ist und daß in der zweiten Computereinheit N ein vertrauenswürdiger

öffentlicher Benutzerschlüssel KU der ersten Computereinheit U verfügbar ist, wobei g ein erzeugendes Element einer endlichen Gruppe ist.

5 In der ersten Computereinheit U wird eine erste Zufallszahl t generiert (Schritt 101). Aus der ersten Zufallszahl t wird mit Hilfe des erzeugenden Elements g einer endlichen Gruppe in der ersten Computereinheit U ein erster Wert g^t gebildet (Schritt 102).

10

Nach der Berechnung des ersten Werts g^t wird eine erste Nachricht M1 codiert, die mindestens den ersten Wert g^t aufweist. Die erste Nachricht M1 wird von der ersten Computereinheit U an die zweite Computereinheit N übertragen (Schritt 103).

15

In der zweiten Computereinheit N wird die erste Nachricht M1 decodiert. Die erste Nachricht M1 kann auch über einen unsicheren Kanal, also auch über eine Luftschnittstelle, unverschlüsselt übertragen werden, da die Logarithmierung des ersten Wertes g^t nicht in vertretbarer Zeit durchgeführt werden kann.

20

In der zweiten Computereinheit N wird eine zweite Zufallszahl r generiert (Schritt 104). Durch diesen zusätzlichen Verfahrensschritt wird ein zusätzliches Sicherheitsziel realisiert: die Zusicherung der Frische (Aktualität) eines im folgenden beschriebenen Sitzungsschlüssels K für die zweite Computereinheit N.

25

30 In der zweiten Computereinheit N wird mit Hilfe einer ersten Hash-Funktion $h1$ ein Sitzungsschlüssel K gebildet (Schritt 105). Als eine erste Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion $h1$ wird mindestens ein erster Term verwendet. Der erste Term wird gebildet, indem der erste Wert g^t potenziert wird mit
35 einem geheimen Netzschlüssel s .

Wenn die zweite Zufallszahl r verwendet wird, so weist die erste Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion h_1 zusätzlich mindestens die zweite Zufallszahl r auf.

- 5 Nun wird in der zweiten Computereinheit N eine Antwort A gebildet (Schritt 106). Zur Bildung der Antwort A sind verschiedene Varianten vorgesehen. So ist es z.B. möglich, daß mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung einer Verschlüsselungsfunktion Enc eine Konstante $const$, sowie eventuell
10 weitere Größen, verschlüsselt wird. Die Konstante $const$ ist sowohl der ersten Computereinheit U als auch der zweiten Computereinheit N bekannt. Auch die Verschlüsselungsfunktion Enc ist sowohl der zweiten Computereinheit N als auch der ersten Computereinheit U als die in dem Verfahren zu verwendende
15 Verschlüsselungsfunktion bekannt.

- Eine weitere Möglichkeit, die Antwort A zu bilden (Schritt 106) liegt darin, daß der Sitzungsschlüssel K , sowie eventuell vorgebbare weitere Größen, z.B. eine Identitätsangabe id_N
20 der zweiten Computereinheit N und/oder die zweite Zufallszahl als Eingangsgröße für eine zweite Hash-Funktion h_2 verwendet wird und der "gehashte" Wert des Sitzungsschlüssels K , sowie eventuell der weiteren Größen, als Antwort A verwendet wird.

- 25 Eine Aneinanderreihung der zweiten Zufallszahl r , der Antwort A , sowie ein optionales erstes Datenfeld dat_1 bilden eine zweite Nachricht M_2 . Das optionale erste Datenfeld dat_1 ist nur in der zweiten Nachrichten M_2 enthalten, wenn dies in dem Verfahren vorgesehen ist.

- 30 Die zweite Nachricht M_2 wird in der zweiten Computereinheit N codiert und zu der ersten Computereinheit U übertragen (Schritt 107).

- 35 In der ersten Computereinheit U wird die zweite Nachricht M_2 decodiert, so daß die erste Computereinheit U die zweite Zufallszahl r , die Antwort A sowie eventuell das optionale er-

ste Datenfeld `dat1` zur Verfügung hat. Die Länge des optionalen ersten Datenfeldes `dat1` kann beliebig groß sein, d.h. es ist auch möglich, daß das optionale erste Datenfeld `dat1` nicht vorhanden ist.

5

In der ersten Computereinheit U wird nun ebenfalls der Sitzungsschlüssel K gebildet (Schritt 108), mit Hilfe der ersten Hash-Funktion `h1`, die sowohl der zweiten Computereinheit N als auch der ersten Computereinheit U bekannt ist. Eine zweite Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion `h1` zur Bildung des Sitzungsschlüssels K in der ersten Computereinheit U weist mindestens einen zweiten Term auf. Der zweite Term wird gebildet aus einer Exponentiation eines öffentlichen Netzschlüssels g^s mit der ersten Zufallszahl `t`. Wenn die Verwendung der zweiten Zufallszahl `r` in dem Verfahren zur Berechnung des Sitzungsschlüssels K vorgesehen wird, so weist die zweite Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion `h1` zur Bildung des Sitzungsschlüssels K in der ersten Computereinheit U zusätzlich die zweite Zufallszahl `r` auf.

20

Durch die Verwendung der ersten Zufallszahl `t` und der zweiten Zufallszahl `r` bei der Generierung des Sitzungsschlüssels K wird die Aktualität des Sitzungsschlüssels K gewährleistet, da jeweils die erste Zufallszahl `t` als auch die zweite Zufallszahl `r` nur für jeweils einen Sitzungsschlüssel K verwendet werden. Somit wird eine Wiedereinspielung eines älteren Schlüssels als Sitzungsschlüssel K verhindert.

25

Nachdem in der ersten Computereinheit U der Sitzungsschlüssel K gebildet wurde, wird anhand der empfangenen Antwort A überprüft, ob der in der ersten Computereinheit U gebildete Sitzungsschlüssel K mit dem Sitzungsschlüssel K, der in der zweiten Computereinheit N gebildet wurde, übereinstimmt (Schritt 109). Abhängig von den im vorigen beschriebenen Varianten zur Bildung der Antwort A sind verschiedene Möglichkeiten vorgesehen, den Sitzungsschlüssel K anhand der Antwort A zu überprüfen.

30

35

Eine Möglichkeit besteht darin, daß, wenn die Antwort A in der zweiten Computereinheit N durch Verschlüsselung der Konstante const, sowie eventuell weitere Größen, mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc gebildet wurde, die Antwort A entschlüsselt wird, und somit die erste Computereinheit U eine entschlüsselte Konstante const', sowie eventuell vorgebbare weitere Größen, erhält, die mit der bekannten Konstante const, sowie eventuell den weiteren Größen, verglichen wird.

Die Überprüfung des Sitzungsschlüssels K anhand der Antwort A kann auch durchgeführt werden, indem die der ersten Computereinheit U bekannte Konstante const, sowie eventuell vorgebbare weitere Größen, mit dem in der ersten Computereinheit U gebildeten Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt wird und das Ergebnis mit der Antwort A auf Übereinstimmung geprüft wird. Diese Vorgehensweise wird auch verwendet, wenn die Antwort A in der zweiten Computereinheit N gebildet wird, indem auf den Sitzungsschlüssel K, sowie eventuell den weiteren Größen, die zweite Hash-Funktion h2 angewendet wird. In diesem Fall wird in der ersten Computereinheit U der in der ersten Computereinheit U gebildete Sitzungsschlüssel K, sowie eventuell vorgebbare weiteren Größen, als Eingangsgröße der zweiten Hash-Funktion h2 verwendet. Der "gehashte" Wert des in der ersten Computereinheit U gebildeten Sitzungsschlüssels K, sowie eventuell weiterer Größen, wird dann mit der Antwort A auf Übereinstimmung geprüft. Damit wird das Ziel der Schlüsselbestätigung des Sitzungsschlüssels K erreicht.

Dadurch, daß bei der Berechnung des Sitzungsschlüssels K in der zweiten Computereinheit N der geheime Netzschlüssel s und bei der Berechnung des Sitzungsschlüssels K in der ersten Computereinheit U der öffentliche Netzschlüssel g^s verwendet werden, wird die zweite Computereinheit N durch die erste Computereinheit U authentifiziert. Dies wird erreicht, vor-

ausgesetzt daß für die erste Computereinheit U bekannt ist,
daß der öffentliche Netzschlüssel g^S tatsächlich zur zweiten
Computereinheit N gehört.

5 Im Anschluß an die Bestätigung des Sitzungsschlüssels K durch
Überprüfung der Antwort A wird ein Signaturterm berechnet
(Schritt 110). Hierzu wird mit Hilfe einer dritten Hash-
Funktion h3 eine vierte Eingangsgröße gebildet. Die dritte
Hash-Funktion h3 kann, muß aber nicht dieselbe Hash-Funktion
10 sein wie die erste Hash-Funktion h1 und/oder die zweite Hash-
Funktion h2. Als eine dritte Eingangsgröße für die dritte
Hash-Funktion h3 wird ein Term verwendet, der eine oder wei-
tere Größen aufweist, aus denen auf den Sitzungsschlüssel
eindeutig rückgeschlossen werden kann, enthält. Weiterhin kann
15 die dritte Eingangsgröße das optionale erste Datenfeld dat1
oder auch ein optionales zweites Datenfeld dat2 enthalten,
wenn deren Verwendung in dem Verfahren vorgesehen wird.

Solche Größen sind der erste Wert g^t , der öffentliche Netz-
20 schlüssel g^S sowie die zweite Zufallszahl r.

Es kann später nicht abgestritten werden, daß die Daten, die
im ersten optionale Datenfeld dat1 und im zweiten optionalen
Datenfeld dat2 enthalten sind, von der ersten Computereinheit
25 U gesendet wurden.

Die in dem ersten optionalen Datenfeld dat1 und in dem zwei-
ten optionalen Datenfeld dat2 enthaltenen Daten können Tele-
fonnummern, die aktuelle Zeit oder ähnliche hierfür geeignete
30 Parameter sein. Diese Information kann als Werkzeug für eine
unanfechtbare Gebührenabrechnung verwendet werden.

Unter Verwendung einer ersten Signaturfunktion Sig_U wird der
Signaturterm aus mindestens der vierten Eingangsgröße gebil-
35 det. Um einen höheren Sicherheitsgrad zu erzielen, kann der
Signaturterm verschlüsselt werden. Der Signaturterm wird in
diesem Fall mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der

Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt und bildet den ersten verschlüsselten Term VT1.

5 Außerdem wird, falls das Sicherheitsziel "Anonymität des Benutzers" realisiert werden soll, ein zweiter verschlüsselter Term VT2 berechnet, in dem eine Identitätsgröße IMUI der ersten Computereinheit U mit dem Sitzungsschlüssel K mit Hilfe der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt wird. Bei Verwendung eines optionalen zweiten Datenfeldes dat2 wird in der
10 ersten Computereinheit U ein dritter verschlüsselter Term VT3 berechnet, indem das optionale zweite Datenfeld dat2 mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt wird, das optionale zweite Datenfeld dat2 kann auch unverschlüsselt übertragen werden.

15 Die drei verschlüsselten Terme können auch zu einem vierten verschlüsselten Term VT4 zusammengefasst werden, in dem die Verkettung von Signaturterm, Identitätsgröße IMUI und optionalem zweiten Datenfeld dat2 mit dem Sitzungsschlüssel K verschlüsselt ist (Schritt 111).

20 In der ersten Computereinheit U wird eine dritte Nachricht M3 gebildet und codiert, die mindestens den Signaturterm und die Identitätsgröße IMUI der ersten Computereinheit U aufweist.

25 Falls die Anonymität der ersten Computereinheit U gewährleistet werden soll, weist die dritte Nachricht M3 anstatt der Identitätsgröße IMUI der ersten Computereinheit U mindestens entweder den zweiten verschlüsselten Term VT2 oder den vierten verschlüsselten Term VT4 auf, der die Information über
30 die Identität der ersten Computereinheit U in verschlüsselter Form enthält, die nur von der zweiten Computereinheit N entschlüsselt werden kann.

35 Wenn die Verwendung des optionalen zweiten Datenfeldes dat2 vorgesehen wird, weist die dritte Nachricht M3 zusätzlich mindestens den dritten verschlüsselten Term VT3 oder den

vierten verschlüsselten Term VT4 oder das optionale zweite
Datenfeld dat2 im Klartext auf.

Wenn die dritte Nachricht M3 den ersten verschlüsselten Term
5 VT1, den zweiten verschlüsselten Term VT2 oder den dritten
verschlüsselten Term VT3 oder den vierten verschlüsselten
Term VT4 enthält, werden diese in der zweiten Computereinheit
N entschlüsselt. Dies geschieht für den eventuell vorhandenen
ersten verschlüsselten Term VT1 vor der Verifikation des Si-
10 gnaturterms.

Die dritte Nachricht M3 wird von der ersten Computereinheit U
zu der zweiten Computereinheit N übertragen (Schritt 112).

15 Zusätzlich wird die Authentifikation der ersten Computerein-
heit U gegenüber der zweiten Computereinheit N durch den Si-
gnaturterm gewährleistet, der die Zufallszahl r enthält,
durch deren Verwendung garantiert wird, daß die dritte Nach-
richt M3 tatsächlich aktuell von der ersten Computereinheit U
20 gesendet wurde.

In der zweiten Computereinheit N wird die dritte Nachricht M3
decodiert, entschlüsselt und anschließend wird anhand eines
Benutzerzertifikats CertU, das der zweiten Computereinheit N
25 zur Verfügung steht, der Signaturterm verifiziert (Schritt
113).

Wenn für das Verfahren temporäre Benutzeridentitäten vorgese-
hen werden, so wird das im vorigen beschriebene Verfahren um
30 einige Verfahrensschritte erweitert.

Zuerst muß der zweiten Computereinheit N bekannt gemacht wer-
den, welche erste Computereinheit U eine neue temporäre Iden-
titätsgröße TMUIN von der zweiten Computereinheit N zugewie-
35 sen bekommen soll.

Hierzu wird als zusätzlicher Bestandteil der ersten Nachricht M1 ~~eine alte temporäre Identitätsgröße TMUIO~~ von der ersten Computereinheit U an die zweite Computereinheit N übertragen.

- 5 Nach Empfang der ersten Nachricht M1 ist somit in der zweiten Computereinheit N bekannt, für welche erste Computereinheit U die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN bestimmt ist.

10 In der zweiten Computereinheit N wird dann die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN für die erste Computereinheit U gebildet. Dies kann z. B. durch Generierung einer Zufallszahl oder durch Tabellen, in denen mögliche Identitätsgrößen abgespeichert sind, durchgeführt werden. Aus der neuen temporären Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U wird in
15 der zweiten Computereinheit N ein fünfter verschlüsselter Term VT5 gebildet, indem die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt wird.

20

In diesem Fall weist die zweite Nachricht N2 zusätzlich mindestens den fünften verschlüsselten Term VT5 auf. Der fünfte verschlüsselte Term VT5 wird dann in der ersten Computereinheit U entschlüsselt. Nun ist die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U in der ersten Computereinheit U verfügbar.
25

Damit der zweiten Computereinheit N auch gewährleistet wird, daß die erste Computereinheit U die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN korrekt empfangen hat, weist die dritte Eingangsgröße für die erste Hash-Funktion h1 oder für die dritte Hash-Funktion h3 zusätzlich mindestens die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U auf.
30

35 Da die Information der neuen temporären Identitätsgröße TMUIN in dem Signaturterm in diesem Fall enthalten ist, weist die

dritte Nachricht M3 nicht mehr die Identitätsgröße IMUI der
 ersten Computereinheit U auf.

Es ist auch möglich, die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN
 5 nicht in den Signaturterm zu integrieren, sondern den zweiten
 verschlüsselten Term VT2 zu bilden, indem anstatt der Identi-
 tätsgröße IMUI der ersten Computereinheit U die neue temporä-
 re Identitätsgröße TMUIN mit dem Sitzungsschlüssel K unter
 Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt
 10 wird. In diesem Fall weist die dritte Nachricht M3 zusätzlich
 den zweiten verschlüsselten Term VT2 auf.

Die in dem Verfahren verwendeten Hash-Funktionen, die erste
 Hash-Funktion h1, die zweite Hash-Funktion h2 und die dritte
 15 Hash-Funktion h3 können durch die gleiche, aber auch durch
 verschiedene Hash-Funktionen realisiert werden.

Zweites Ausführungsbeispiel

20 In Figur 2 ist durch eine Skizze der Ablauf eines zweiten
 Ausführungsbeispiels des Verfahrens dargestellt.

Für dieses Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird vorausge-
 setzt, daß in der ersten Computereinheit U ein vertrauenswürdiger
 öffentlicher Benutzerschlüssel KU der ersten Compu-
 25 tereinheit U in Form eines Benutzerzertifikats CertU verfüg-
 bar gemacht wird und daß in der zweiten Computereinheit N ein
 vertrauenswürdiger öffentlicher Netzschlüssel g^S der zweiten
 Computereinheit N in Form eines Netzzertifikats CertN verfüg-
 30 bar gemacht wird. Der öffentliche Netzschlüssel g^S muß nicht
 in der ersten Computereinheit U verfügbar sein. Ebenso ist es
 nicht nötig, daß der öffentliche Benutzerschlüssel KU in der
 zweiten Computereinheit N verfügbar ist.

35 In der ersten Computereinheit U wird die erste Zufallszahl t
 generiert (Schritt 201). Aus der ersten Zufallszahl t wird
 mit Hilfe des erzeugenden Elements g einer endlichen Gruppe

in der ersten Computereinheit U der erste Wert g^t gebildet
(Schritt 202).

5 Nach der Berechnung des ersten Werts g^t wird eine erste Nachricht M1 codiert, die mindestens den ersten Wert g^t und eine Identitätsangabe id_{CA} einer Zertifizierungscomputereinheit CA, die das Netzzertifikat CertN liefert, das von der ersten Computereinheit U verifiziert werden kann, aufweist. Die erste Nachricht M1 wird von der ersten Computereinheit U an die
10 zweite Computereinheit N übertragen (Schritt 203).

In der zweiten Computereinheit N wird die erste Nachricht M1 decodiert.

15 Wie in Figur 2 beschrieben, wird in der zweiten Computereinheit N eine zweite Zufallszahl r generiert wird (Schritt 204). Durch diesen zusätzlichen Verfahrensschritt wird ein zusätzliches Sicherheitsziel realisiert: die Zusicherung der Frische (Aktualität) eines im folgenden beschriebenen Sitzungsschlüssels K für die zweite Computereinheit N.
20

In der zweiten Computereinheit N wird mit Hilfe der ersten Hash-Funktion h1 der Sitzungsschlüssel K gebildet (Schritt 205). Als erste Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion h1
25 wird ein erster Term verwendet. Der erste Term wird gebildet, indem der erste Wert g^t potenziert wird mit dem geheimen Netzschlüssel s.

30 Wenn die zweite Zufallszahl r verwendet wird, so weist die erste Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion h1 zusätzlich mindestens die zweite Zufallszahl r auf.

Nun wird in der zweiten Computereinheit N eine Antwort A gebildet (Schritt 206). Zur Bildung der Antwort A sind die im
35 Rahmen des ersten Ausführungsbeispiels beschriebenen Varianten vorgesehen.

Eine Aneinanderreihung der zweiten Zufallszahl r , des Netzzertifikats CertN , der Antwort A , sowie ein optionales erstes Datenfeld dat1 bilden die zweite Nachricht $M2$. Das optionale erste Datenfeld dat1 ist nur in der zweiten Nachricht $M2$ enthalten, wenn dies in dem Verfahren vorgesehen ist.

Die zweite Nachricht $M2$ wird in der zweiten Computereinheit N codiert und zu der ersten Computereinheit U übertragen (Schritt 207).

10

In der ersten Computereinheit U wird die zweite Nachricht $M2$ decodiert, so daß die erste Computereinheit U die zweite Zufallszahl r , die Antwort A sowie eventuell das optionale erste Datenfeld dat1 zur Verfügung hat. Die Länge des optionalen ersten Datenfeldes dat1 kann beliebig groß sein, d.h. es ist auch möglich, daß das optionale erste Datenfeld dat1 nicht vorhanden ist.

20

Anschließend wird das in der zweiten Nachricht $M2$ enthaltene Netzzertifikat CertN in der ersten Computereinheit verifiziert. Somit steht der öffentliche Netzschlüssel g^S in der ersten Computereinheit U zur Verfügung.

25

In der ersten Computereinheit U wird nun ebenfalls der Sitzungsschlüssel K gebildet (Schritt 208), mit Hilfe der ersten Hash-Funktion $h1$, die sowohl in der zweiten Computereinheit N als auch in der ersten Computereinheit U bekannt ist. Eine zweite Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion $h1$ zur Bildung des Sitzungsschlüssels K in der ersten Computereinheit U weist mindestens einen zweiten Term auf. Der zweite Term wird gebildet aus einer Exponentiation des öffentlichen Netzschlüssels g^S mit der ersten Zufallszahl t . Wenn die Verwendung der zweiten Zufallszahl r in dem Verfahren zur Berechnung des Sitzungsschlüssels K vorgesehen wird, so weist die zweite Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion $h1$ zur Bildung des Sitzungsschlüssels K in der ersten Computereinheit U zusätzlich die zweite Zufallszahl r auf.

Durch die Verwendung der ersten Zufallszahl t und der zweiten Zufallszahl r bei der Generierung des Sitzungsschlüssels K wird die Aktualität des Sitzungsschlüssels K gewährleistet, da jeweils die erste Zufallszahl t als auch die zweite Zufallszahl r nur für jeweils einen Sitzungsschlüssel K verwendet werden. Somit wird eine Wiedereinspielung eines älteren Schlüssels als Sitzungsschlüssel K verhindert.

10 Nachdem in der ersten Computereinheit U der Sitzungsschlüssel K gebildet wurde, wird anhand der empfangenen Antwort A überprüft, ob der in der ersten Computereinheit U gebildete Sitzungsschlüssel K mit dem Sitzungsschlüssel K , der in der zweiten Computereinheit N gebildet wurde, übereinstimmt
15 (Schritt 209).

Abhängig von den im vorigen beschriebenen Varianten zur Bildung der Antwort A sind verschiedene Möglichkeiten vorgesehen, den Sitzungsschlüssel K anhand der Antwort A zu überprüfen.
20

Zur Überprüfung der Antwort A sind die im Rahmen des ersten Ausführungsbeispiels beschriebenen Varianten vorgesehen. Damit wird das Ziel der Schlüsselbestätigung des Sitzungsschlüssels K erreicht.
25

Dadurch, daß bei der Berechnung des Sitzungsschlüssels K in der zweiten Computereinheit N der geheime Netzschlüssel s und bei der Berechnung des Sitzungsschlüssels K in der ersten Computereinheit U der öffentliche Netzschlüssel g^s verwendet werden, wird die zweite Computereinheit N durch die erste Computereinheit U authentifiziert. Dies wird erreicht, vorausgesetzt daß für die erste Computereinheit U bekannt ist, daß der öffentliche Netzschlüssel g^s tatsächlich zur zweiten
30
35 Computereinheit N gehört.

Im Anschluß an die Bestätigung des Sitzungsschlüssels K durch Überprüfung der Antwort A wird der Signaturterm berechnet

(Schritt 210). Hierzu wird mit Hilfe der dritten Hash-Funktion h3 eine vierte Eingangsgröße gebildet. Die dritte Hash-Funktion h3 kann, muß aber nicht dieselbe Hash-Funktion sein wie die erste Hash-Funktion h1 und/oder die zweite Hash-Funktion h2. Als eine dritte Eingangsgröße für die dritte Hash-Funktion h3 wird ein Term verwendet, der eine oder weitere Größen aufweist, aus denen auf den Sitzungsschlüssel eindeutig rückgeschlossen werden kann. Weiterhin kann die dritte Eingangsgröße das optionale erste Datenfeld dat1 oder auch ein optionales zweites Datenfeld dat2 enthalten, wenn deren Verwendung in dem Verfahren vorgesehen wird.

Solche Größen sind der erste Wert g^t , der öffentliche Netzschlüssel g^s sowie die zweite Zufallszahl r.

Es kann später nicht abgestritten werden, daß die Daten, die im ersten optionalen Datenfeld dat1 und im zweiten optionalen Datenfeld dat2 enthalten sind, von der ersten Computereinheit U gesendet wurden.

Die in dem ersten optionalen Datenfeld dat1 und in dem zweiten optionalen Datenfeld dat2 enthaltenen Daten können Telefonnummern, die aktuelle Zeit oder ähnliche hierfür geeignete Parameter sein. Diese Information kann als Werkzeug für eine unanfechtbare Gebührenabrechnung verwendet werden.

Unter Verwendung einer ersten Signaturfunktion Sig_U wird der Signaturterm aus mindestens der vierten Eingangsgröße gebildet. Um einen höheren Sicherheitsgrad zu erzielen, kann der Signaturterm verschlüsselt werden. Der Signaturterm wird in diesem Fall mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt und bildet den ersten verschlüsselten Term VT1.

Außerdem wird, falls das Sicherheitsziel "Anonymität des Benutzers" realisiert werden soll, ein zweiter verschlüsselter Term VT2 berechnet, in dem ein Benutzerzertifikat CertU der ersten Computereinheit U mit dem Sitzungsschlüssel K mit Hilfe der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt wird. Bei Verwendung eines optionalen zweiten Datenfeldes dat2 kann in der ersten Computereinheit U ein dritter verschlüsselter Term VT3 berechnet werden, indem das optionale zweite Datenfeld dat2 mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt wird. Das optionale zweite Datenfeld dat2 kann ebenso unverschlüsselt übertragen werden.

Die drei verschlüsselten Terme können auch zu einem vierten verschlüsselten Term VT4 zusammengefasst werden, in dem die Verkettung von Signaturterm, Identitätsgröße IMUI und optionalem zweiten Datenfeld dat2 mit K verschlüsselt ist (Schritt 211).

In der ersten Computereinheit U wird eine dritte Nachricht M3 gebildet und codiert, die mindestens den Signaturterm und das Benutzerzertifikat CertU der ersten Computereinheit U aufweist. Falls die Benutzeranonymität der ersten Computereinheit U gewährleistet werden soll, weist die dritte Nachricht M3 anstatt des Benutzerzertifikats CertU der ersten Computereinheit U mindestens entweder den zweiten verschlüsselten Term VT2 oder den vierten verschlüsselten Term VT4 auf, der das Benutzerzertifikat CertU der ersten Computereinheit U in verschlüsselter Form enthält, die nur von der zweiten Computereinheit N entschlüsselt werden kann.

Wenn die Verwendung des optionalen zweiten Datenfeldes dat2 vorgesehen wird, weist die dritte Nachricht M3 zusätzlich mindestens den dritten verschlüsselten Term VT 3 oder den vierten verschlüsselten Term VT4 auf. Wenn die dritte Nachricht M3 den ersten verschlüsselten Term VT1, den zweiten verschlüsselten Term VT2 oder den dritten verschlüsselten Term VT3 oder den vierten verschlüsselten Term VT4 aufweist,

werden diese in der zweiten Computereinheit N entschlüsselt. Dies geschieht für den eventuell vorhandenen ersten verschlüsselten Term VT1 vor der Verifikation des Signaturterms.

- 5 Die dritte Nachricht M3 wird von der ersten Computereinheit U zu der zweiten Computereinheit N übertragen (Schritt 212).

10 In der zweiten Computereinheit N wird die dritte Nachricht M3 decodiert, entschlüsselt und anschließend wird anhand eines Benutzerzertifikats CertU, das der zweiten Computereinheit N zur Verfügung steht, der Signaturterm verifiziert (Schritt 213).

15 Zusätzlich wird die Authentifikation der ersten Computereinheit U gegenüber der zweiten Computereinheit N durch den Signaturterm gewährleistet, der die Zufallszahl r enthält, durch deren Verwendung garantiert wird, daß die dritte Nachricht M3 tatsächlich aktuell von der ersten Computereinheit U gesendet wurde.

20 Wenn für das Verfahren temporäre Benutzeridentitäten vorgesehen werden, so wird das im vorigen beschriebene Verfahren um einige Verfahrensschritte erweitert.

25 In der zweiten Computereinheit N wird für die erste Computereinheit U eine neue temporäre Identitätsgröße TMUIN gebildet, die der ersten Computereinheit U im weiteren zugewiesen wird. Dies kann durch Generierung einer Zufallszahl oder durch Tabellen, in denen mögliche Identitätsgrößen abgespeichert sind, durchgeführt werden. Aus der neuen temporären Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U wird in der zweiten Computereinheit N ein fünfter verschlüsselter Term VT5 gebildet, indem die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt wird.

30

35

In diesem Fall weist die zweite Nachricht M2 zusätzlich mindestens den fünften verschlüsselten Term VT5 auf. Der fünfte verschlüsselte Term VT5 wird dann in der ersten Computereinheit U entschlüsselt. Nun ist die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U in der ersten Computereinheit U verfügbar.

Damit der zweiten Computereinheit N auch gewährleistet wird, daß die erste Computereinheit U die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN korrekt empfangen hat, weist die dritte Eingangsgroße für die erste Hash-Funktion h1 oder für die dritte Hash-Funktion h3 zusätzlich mindestens die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U auf.

Es ist auch möglich, die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN nicht in den Signaturterm zu integrieren, sondern den zweiten verschlüsselten Term VT2 zu bilden, indem die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt wird. In diesem Fall weist die dritte Nachricht M3 zusätzlich den zweiten verschlüsselten Term VT2 auf.

Drittes Ausführungsbeispiel

In Figur 3 ist durch eine Skizze der Ablauf eines dritten Ausführungsbeispiels dargestellt.

Für dieses Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird vorausgesetzt, daß in der ersten Computereinheit U kein vertrauenswürdiger öffentlicher Netzschlüssel g^S der zweiten Computereinheit N verfügbar ist. In der ersten Computereinheit U ist ein vertrauenswürdiger öffentlicher Zertifizierungsschlüssel cs einer Zertifizierungscomputereinheit CA verfügbar. Dies bedeutet, daß die erste Computereinheit U sich den vertrauenswürdigen öffentlichen Netzschlüssel g^S in Form eines Netzzertifikats CertN von der Zertifizierungscomputerein-

heit CA "besorgen" muß. Ebenso braucht die zweite Computereinheit N den vertrauenswürdigen öffentlichen Benutzerschlüssel KU in Form eines Benutzerzertifikats CertU von der Zertifizierungscomputereinheit CA.

5

In der ersten Computereinheit U wird die erste Zufallszahl t generiert (Schritt 301). Aus der ersten Zufallszahl t wird mit Hilfe des erzeugenden Elements g einer endlichen Gruppe in der ersten Computereinheit U der erste Wert g^t gebildet (Schritt 302).

10

Nach der Berechnung des ersten Werts g^t wird eine erste Nachricht M1 codiert, die mindestens den ersten Wert g^t , eine Identitätsgröße IMUI der ersten Computereinheit U und eine Identitätsgröße id_{CA} einer Zertifizierungscomputereinheit CA, die ein Netzzertifikat CertN liefert, das von der ersten Computereinheit U verifiziert werden kann, aufweist. Dies ist nötig, wenn mehrere Zertifizierungsinstanzen mit unterschiedlichen geheimen Zertifizierungsschlüsseln vorgesehen werden.

15

20

Wenn das Sicherheitsziel der Benutzeranonymität realisiert werden soll, wird in der ersten Computereinheit U vor Bildung der ersten Nachricht M1 ein Zwischenschlüssel L gebildet. Dies geschieht durch Potenzierung des öffentlichen Schlüsselvereinbarungsschlüssels g^u der Zertifizierungscomputereinheit CA, der in der ersten Computereinheit U verfügbar ist, mit der ersten Zufallszahl t . Im weiteren wird in diesem Fall die Identitätsgröße IMUI der ersten Computereinheit U mit dem Zwischenschlüssel L unter Anwendung einer Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt und das Ergebnis stellt einen fünften verschlüsselten Term VT5 dar. Der fünfte verschlüsselte Term VT5 wird anstatt der Identitätsgröße IMUI der ersten Computereinheit U in die erste Nachricht M1 integriert. Die erste Nachricht M1 wird von der ersten Computereinheit U an die zweiten Computereinheit N übertragen (Schritt 303).

25

30

35

In der zweiten Computereinheit N wird die erste Nachricht M1 decodiert, und eine vierte Nachricht M4 gebildet (Schritt

304), die eine Verkettung des der zweiten Computereinheit N bekannten Zertifikats Cert_N auf den öffentlichen Netzschlüssel g^s , dem ersten Wert g^t und der Identitätsgröße IMUI der ersten Computereinheit U aufweist. In dem Fall, daß das Sicherheitsziel der Benutzeranonymität realisiert werden soll, wird in der vierten Nachricht M4 anstatt der Identitätsgröße IMUI der ersten Computereinheit U der fünfte verschlüsselte Term VT_5 codiert.

- 10 Die vierte Nachricht M4 wird in der zweiten Computereinheit N codiert und anschließend an die Zertifizierungscomputereinheit CA übertragen (Schritt 304).

- 15 In der Zertifizierungscomputereinheit CA wird die vierte Nachricht M4 decodiert.

- 20 Anschließend wird, falls die Benutzeranonymität gewährleistet wird, also der fünfte verschlüsselte Term VT_5 in der vierten Nachricht M4 mitgesendet wurde, in der Zertifizierungscomputereinheit CA der Zwischenschlüssel L berechnet, indem der erste Wert g^t mit einem geheimen Schlüsselvereinbarungsschlüssel u der Zertifizierungscomputereinheit CA potenziert wird.

- 25 Mit dem Zwischenschlüssel L wird unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc der fünfte verschlüsselte Term VT_5 entschlüsselt, womit in der Zertifizierungscomputereinheit CA die Identitätsgröße IMUI der ersten Computereinheit U bekannt ist.

- 30 In der Zertifizierungscomputereinheit CA wird dann das Benutzerzertifikat Cert_U ermittelt. Das Benutzerzertifikat Cert_U wird aus einer der Zertifizierungscomputereinheit CA eigenen Datenbank ermittelt, die alle Zertifikate der Computereinheiten enthält, für die die Zertifizierungscomputereinheit CA Zertifikate erstellt.
- 35

Um die Gültigkeit des Netzzertifikats CertN und des Benutzerzertifikats CertU zu überprüfen, wird eine Identitätsangabe id_N der Netzcomputereinheit N und der in der vierten Nachricht mitgesendete öffentliche Netzschlüssel g^S , die Identitätsgröße IMUI der ersten Computereinheit U sowie das ermittelte Benutzerzertifikat CertU mit einer Revokationsliste verglichen, in der ungültige Zertifikate, Schlüssel oder Identitätsgrößen aufgeführt sind.

- 10 Anschließend bildet die Zertifizierungscomputereinheit CA drei Ketten von Zertifikaten, eine erste Zertifikatskette CertChain(U, N), eine zweite Zertifikatskette CertChain(N, U) sowie eine dritte Zertifikatskette CertChain(N, CA).
- 15 Die erste Zertifikatskette CertChain(U, N) kann von der ersten Computereinheit U mittels des der ersten Computereinheit U bekannten öffentlichen Zertifizierungsschlüssels der Zertifizierungscomputereinheit CA verifiziert werden und enthält als letztes Glied ein Zertifikat CertN auf den öffentlichen
- 20 Schlüssel g^S von der zweiten Computereinheit N.

- Die zweite Zertifikatskette CertChain(N, U) kann von der zweiten Computereinheit N verifiziert werden und enthält als letztes Glied ein Zertifikat CertU auf den öffentlichen
- 25 Schlüssel KU von der ersten Computereinheit U.

- Die dritte Zertifikatskette CertChain(N, CA) kann von der zweiten Computereinheit N verifiziert werden und enthält als letztes Glied ein Zertifikat auf den öffentlichen Verifikati-
- 30 onsschlüssels von der Zertifizierungscomputereinheit CA.

- Die erste Zertifikatskette CertChain(U, N) und die zweite Zertifikatskette CertChain(N, U) können eindeutig identifiziert werden durch die Identifikatoren cidU und cidN.

- 35 Anschließend wird aus mindestens einer Verkettung des ersten Werts g^t und der Identifikatoren cidU und cidN

ein dritter Term gebildet.

Der dritte Term wird mit Hilfe einer vierten Hash-Funktion h_4 "gehasht" und das Ergebnis der Hash-Funktion h_4 wird unter
5 Verwendung einer dritten Signaturfunktion Sig_{CA} signiert.

Weiterhin wird in der Zertifizierungscomputereinheit CA ein Zeitstempel TS kreiert. Dieser findet optional Eingang in den dritten Term.

10

Eine in der Zertifizierungscomputereinheit CA gebildete fünfte Nachricht M5 weist mindestens eine Verkettung aus dem signierten dritten Term und den Zertifikatsketten $CertChain(U, N)$ und $CertChain(N, U)$ sowie optional den Zeitstempel TS und
15 die Zertifikatskette $CertChain(N, CA)$ auf. Optional werden der signierte Hash-Wert des dritten Terms sowie die Zertifikatskette $CertChain(N, U)$ mit dem Zwischenschlüssel L verschlüsselt.

20 Die fünfte Nachricht M5 wird in der Zertifizierungscomputereinheit CA codiert und an die zweite Computereinheit N übertragen (Schritt 305). Nachdem die fünfte Nachricht M5 in der zweiten Computereinheit N decodiert ist, wird der signierte Hash-Werts des dritten Terms verifiziert, sofern er nicht mit
25 L verschlüsselt ist.

In der zweiten Computereinheit N wird nun ein vierter Term gebildet, der mindestens eine Verkettung der Zertifikatskette $CertChain(U, N)$ und des (optional mit dem Zwischenschlüssel L verschlüsselten) signierten Hash-Werts des dritten Terms auf-
30 weist.

In der zweiten Computereinheit N wird mit Hilfe der ersten Hash-Funktion h_1 ein Sitzungsschlüssel K gebildet. Als eine
35 erste Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion h_1 wird eine Kokatena-tion eines ersten Terms mit der zweiten Zufallszahl r verwendet. Der erste Term wird gebildet, indem der erste Wert

gt potenziert wird mit einem geheimen Netzschlüssel s. Die
zweite Zufallszahl r findet Verwendung, wenn das zusätzliche
Sicherheitsziel der Zusicherung der Frische (Aktualität) des
Sitzungsschlüssels K für die zweiten Computereinheit N reali-
siert werden soll. Ist dieses Sicherheitsziel nicht benötigt,
5 wird die zweite Zufallszahl r nicht in dem Verfahren zur Be-
rechnung des Sitzungsschlüssels K verwendet.

10 In der zweiten Computereinheit N wird eine Antwort A gebil-
det. Zur Bildung der Antwort A sind die in dem ersten Ausführ-
ungsbeispiel beschriebenen Varianten vorgesehen.

Eine Aneinanderreihung der zweiten Zufallszahl r, des vierten
Terms, der Antwort A, sowie eines optionalen ersten Datenfel-
des dat1 und des optionalen Zeitstempels bilden eine zweite
15 Nachricht M2. Das optionale erste Datenfeld dat1 ist nur in
der zweiten Nachricht M2 enthalten, wenn dies in dem Verfah-
ren vorgesehen wird.

20 Die zweite Nachricht M2 wird in der zweiten Computereinheit N
codiert und zu der ersten Computereinheit U übertragen
(Schritt 306).

In der ersten Computereinheit U wird die zweite Nachricht M2
25 decodiert, so daß die ersten Computereinheit U die zweite Zu-
fallszahl r, die Antwort A sowie eventuell das optionale er-
ste Datenfeld dat1 und eventuell den Zeitstempel TS zur Ver-
fügung hat. Die Länge des optionalen ersten Datenfeldes dat1
kann beliebig groß sein, d.h. es ist auch möglich, daß das
30 optionale erste Datenfeld dat1 nicht vorhanden ist.

In der ersten Computereinheit U wird nun ebenfalls der Sit-
zungsschlüssel K gebildet (Schritt 307), mit Hilfe der ersten
Hash-Funktion h1, die sowohl der zweiten Computereinheit N
35 als auch der ersten Computereinheit U bekannt ist. Eine zwei-
te Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion h1 zur Bildung des
Sitzungsschlüssels K in der ersten Computereinheit U weist

mindestens einen zweiten Term auf. Der zweite Term wird gebildet aus einer Exponentiation eines öffentlichen Netzschlüssels g^s mit der ersten Zufallszahl t . Wenn die zweite Zufallszahl r in dem Verfahren zur Berechnung des Sitzungsschlüssels K vorgesehen wird, so weist die zweite Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion h_1 zur Bildung des Sitzungsschlüssels K in der ersten Computereinheit U zusätzlich die zweite Zufallszahl r auf.

- 10 Nachdem in der ersten Computereinheit U der Sitzungsschlüssel K gebildet wurde, wird anhand der empfangenen Antwort A überprüft, ob der in der ersten Computereinheit U gebildete Sitzungsschlüssel K mit dem Sitzungsschlüssel K , der in der zweiten Computereinheit N gebildet wurde, übereinstimmt
15 (Schritt 308).

- Abhängig von den im vorigen beschriebenen Varianten zur Bildung der Antwort A sind die oben beschriebenen Möglichkeiten vorgesehen, den Sitzungsschlüssel K anhand der Antwort A zu
20 überprüfen.

- Dadurch, daß bei der Berechnung des Sitzungsschlüssels K in der zweiten Computereinheit N der geheime Netzschlüssel s und bei der Berechnung des Sitzungsschlüssels K in der ersten
25 Computereinheit U der öffentliche Netzschlüssel g^s verwendet werden, wird die zweite Computereinheit N durch die erste Computereinheit U authentifiziert. Dies wird erreicht, vorausgesetzt daß für die erste Computereinheit U bekannt ist, daß der öffentliche Netzschlüssel g^s tatsächlich zur zweiten
30 Computereinheit N gehört. Letzteres wird von U erreicht durch die Verifikation der Zertifikatskette $\text{CertChain}(U, N)$ sowie des signierten Hashwerts des dritten Terms. Ist letzterer mit dem Zwischenschlüssel L verschlüsselt, muß er vor der Verifikation mit dem Zwischenschlüssel L entschlüsselt werden.

35

Im Anschluß an die Bestätigung des Sitzungsschlüssels K durch Überprüfung der Antwort A wird ein Signaturterm berechnet

(Schritt 309). Hierzu wird mit Hilfe einer dritten Hash-Funktion h_3 eine vierte Eingangsgröße gebildet. Die dritte Hash-Funktion h_3 kann, muß aber nicht dieselbe Hash-Funktion sein wie die erste Hash-Funktion h_1 und/oder die zweite Hash-Funktion h_2 . Als eine dritte Eingangsgröße für die dritte Hash-Funktion h_3 wird ein Term verwendet, der eine oder weitere Größen aufweist, aus denen auf den Sitzungsschlüssel eindeutig rückgeschlossen werden kann. Weiterhin kann die dritte Eingangsgröße das optionale erste Datenfeld dat_1 oder auch ein optionales zweites Datenfeld dat_2 enthalten, wenn deren Verwendung in dem Verfahren vorgesehen wird.

Solche Größen sind der erste Wert g^t , der öffentliche Netzschlüssel g^s sowie die zweite Zufallszahl r .

Es kann später nicht abgestritten werden, daß die Daten, die im ersten optionalen Datenfeld dat_1 und im zweiten optionalen Datenfeld dat_2 enthalten sind, von der ersten Computereinheit U gesendet werden.

Die in dem ersten optionalen Datenfeld dat_1 und in dem zweiten optionalen Datenfeld dat_2 enthaltenen Daten können Telefonnummern, die aktuelle Zeit oder ähnliche hierfür geeignete Parameter sein. Diese Information kann als Werkzeug für eine unanfechtbare Gebührenabrechnung verwendet werden.

Unter Verwendung einer ersten Signaturfunktion Sig_U wird der Signaturterm aus mindestens der vierten Eingangsgröße gebildet. Um einen höheren Sicherheitsgrad zu erzielen, kann der Signaturterm verschlüsselt werden. Der Signaturterm wird in diesem Fall mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt und bildet den ersten verschlüsselten Term VT_1 .

Bei Verwendung eines optionalen zweiten Datenfeldes dat_2 wird in der ersten Computereinheit U ein dritter verschlüsselter Term VT_3 berechnet, indem das optionale zweite Datenfeld dat_2

mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt wird. Das optionale zweite Datenfeld dat2 kann auch unverschlüsselt, also im Klartext übertragen werden.

5

Alternativ zur Bildung des ersten und des dritten verschlüsselten Terms VT1 und VT3 kann auch ein vierter verschlüsselter Term VT4 gebildet werden, indem mindestens die Verkettung des Signaturterms sowie optional des Datenfeldes dat2 und des
10 Zwischenschlüssels L mit dem Sitzungsschlüssel K verschlüsselt wird (Schritt 310).

In der ersten Computereinheit U wird eine dritte Nachricht M3 gebildet und codiert, die mindestens aus dem ersten verschlüsselten Term VT1, und, wenn das optionale zweite Datenfeld dat2 verwendet wird, dem dritten verschlüsselten Term
15 VT3 oder dem optionalen zweiten Datenfeld dat2 im Klartext, oder aber aus dem vierten verschlüsselten Term VT4 besteht.

Die dritte Nachricht M3 wird von der ersten Computereinheit U
20 zu der zweiten Computereinheit N übertragen (Schritt 311).

In der zweiten Computereinheit N wird die dritte Nachricht M3
25 decodiert und anschließend wird der erste verschlüsselte Term VT1 sowie eventuell der dritte verschlüsselte Term VT3, oder aber der vierte verschlüsselte Term VT4 entschlüsselt. Wurden Teile der Nachricht M5 mit L verschlüsselt, so kann nun die zweite Computereinheit N mit Hilfe des in Nachricht M3 empfangenen Zwischenschlüssels L die verschlüsselten Teile der
30 Nachricht M5 entschlüsseln. Daraufhin kann die zweite Computereinheit N die zweite Zertifikatskette Cert(N, U) sowie den signierten Hashwert des dritten Terms unter Anwendung des öffentlichen Verifikationsschlüssels von CA verifizieren. Anhand des Benutzerzertifikats CertU, das der zweiten Compu-
35 tereinheit N nun zur Verfügung steht, wird der Signaturterm verifiziert.

Zusätzlich wird die Authentifikation der ersten Computereinheit U gegenüber der zweiten Computereinheit N durch den Signaturterm in der dritten Nachricht M3 gewährleistet, der die Zufallszahl r enthält, durch deren Verwendung auch garantiert wird, daß die dritte Nachricht M3 tatsächlich aktuell von der ersten Computereinheit U gesendet wurde.

Wenn für das Verfahren temporäre Benutzeridentitäten vorgesehen werden, so wird das im vorigen beschriebene Verfahren um einige Verfahrensschritte erweitert.

In der zweiten Computereinheit N wird für die erste Computereinheit U eine neue temporäre Identitätsgröße TMUIN gebildet, die der ersten Computereinheit U im weiteren zugewiesen wird. Dies kann z. B. durch Generierung einer Zufallszahl oder durch Tabellen, in denen mögliche Identitätsgrößen abgespeichert sind, durchgeführt werden. Aus der neuen temporären Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U wird in der zweiten Computereinheit N ein fünfter verschlüsselter Term VT5 gebildet, indem die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U mit dem Sitzungsschlüssel K unter Verwendung der Verschlüsselungsfunktion Enc verschlüsselt wird.

In diesem Fall weist die zweite Nachricht M2 zusätzlich mindestens den fünften verschlüsselten Term VT5 auf. Der fünfte verschlüsselte Term VT5 wird dann in der ersten Computereinheit U entschlüsselt. Nun ist die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U in der ersten Computereinheit U verfügbar.

Damit der zweiten Computereinheit N auch gewährleistet wird, daß die erste Computereinheit U die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN korrekt empfangen hat, weist die dritte Eingangsgröße für die erste Hash-Funktion $h1$ oder für die zweite Hash-Funktion $h2$ zusätzlich mindestens die neue temporäre Identitätsgröße TMUIN der ersten Computereinheit U auf.

Im weiteren werden einige Alternativen der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele aufgezeigt:

- 5 Die Erfindung beschränkt sich nicht auf ein Mobilfunksystem und somit auch nicht auf einen Benutzer eines Mobilfunksystems und das Netz, sondern kann in allen Bereichen angewendet werden, in denen ein kryptographischer Schlüsselaustausch zwischen zwei Kommunikationspartnern benötigt wird. Dies kann
- 10 z.B. in einer Kommunikationsbeziehung zwischen zwei Rechnern, die Daten in verschlüsselter Form austauschen wollen, der Fall sein. Ohne Beschränkung der Allgemeingültigkeit wurde oben ein erster Kommunikationspartner als erste Computereinheit U und ein zweiter Kommunikationspartner als zweite Com-
- 15 putereinheit N bezeichnet.

Im Rahmen dieses Dokuments wurden folgende Veröffentlichungen
zitiert:

- 5 [1] A. Aziz, W. Diffie, "Privacy and Authentication for
Wireless Local Area Networks", IEEE Personal
Communications, 1994, S. 25 bis 31
- 10 [2] M. Beller, "Proposed Authentication and Key Agreement
Protocol for PCS", Joint Experts Meeting on Privacy and
Authentication for Personal Communications, P&A JEM
1993, 1993, S. 1 bis 11
- 15 [3] C. Carroll, Y. Frankel, Y. Tsiounis, "Efficient key
distribution for slow computing devices", Conference
Security&Privacy, Oakland, 1998
- [4] J. Zhou, K. Lam, "Undeniable billing in mobile
communications", preprint 1998
- 20 [5] US 5 214 700
- [6] DE-Broschüre: Telesec. Telekom, Produktentwicklung
Telesec beim Fernmeldeamt Siegen, S. 12-13
- 25 [7] US 5 222 140
- [8] US 5 153 919
- 30 [9] M. Beller et al, Privacy and Authentication on a
Portable Communication System, IEEE Journal on Selected
Areas in Communications, Vol. 11, No. 6, S. 821-829,
1993
- [10] DE 195 18 5465 C1

- [11] W. Diffie, P. C. van Oorschot, M. Wiener,
-----"Authentication and authenticated key exchanges",-----
Designs, Codes and Cryptography, Vol. 2, S. 107-125,
1992.

Patentansprüche

1. Verfahren zum rechnergestützten Austausch kryptographischer Schlüssel zwischen einer ersten Computereinheit (U) und einer zweiten Computereinheit (N),
- bei dem aus einer ersten Zufallszahl (t) mit Hilfe eines erzeugenden Elements (g) einer endlichen Gruppe in der ersten Computereinheit (U) ein erster Wert (g^t) gebildet wird,
 - bei dem eine erste Nachricht (M_1) von der ersten Computereinheit (U) an die zweite Computereinheit (N) übertragen wird, wobei die erste Nachricht (M_1) mindestens den ersten Wert (g^t) aufweist,
 - bei dem in der zweiten Computereinheit (N) ein Sitzungsschlüssel (K) mit Hilfe einer ersten Hash-Funktion (h_1) gebildet wird, wobei eine erste Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion (h_1) mindestens einen ersten Term aufweist, der gebildet wird durch eine Exponentiation des ersten Werts (g^t) mit einem geheimen Netzschlüssel (s),
 - bei dem in der ersten Computereinheit (U) der Sitzungsschlüssel (K) gebildet wird mit Hilfe der ersten Hash-Funktion (h_1), wobei eine zweite Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion (h_1) mindestens einen zweiten Term aufweist, der gebildet wird durch eine Exponentiation eines öffentlichen Netzschlüssels (g^s) mit der ersten Zufallszahl (t),
 - bei dem in der ersten Computereinheit (U) mit Hilfe einer zweiten Hash-Funktion (h_2) oder der ersten Hash-Funktion (h_1) eine vierte Eingangsgröße gebildet wird, wobei eine dritte Eingangsgröße für die erste Hash-Funktion (h_1) oder für die zweite Hash-Funktion (h_2) zur Bildung der vierten Eingangsgröße eine oder weitere Größen aufweist, aus denen auf den Sitzungsschlüssel eindeutig rückgeschlossen werden kann.
 - bei dem in der ersten Computereinheit (U) ein Signaturterm aus mindestens der vierten Eingangsgröße gebildet wird unter Anwendung einer ersten Signaturfunktion (Sig),

- bei dem eine dritte Nachricht (M3) von der ersten Computereinheit (U) an die zweite Computereinheit (N) übertragen wird, wobei die dritte Nachricht (M3) mindestens den Signaturterm der ersten Computereinheit (U) aufweist, und
- 5 - bei dem in der zweiten Computereinheit (N) der Signaturterm verifiziert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem der geheime Netzschlüssel und/oder der öffentliche
10 Netzschlüssel langlebige Schlüssel ist/sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
bei dem die dritte Eingangsgröße mehrere Größen aufweist, aus
denen auf den Sitzungsschlüssel eindeutig rückgeschlossen
15 werden kann.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
bei dem die Größe bzw. die Größen mindestens zumindest den
ersten Wert (g^t) und/oder den öffentlichen Netzschlüssel (g^S)
20 enthält bzw. enthalten.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

- bei dem die erste Nachricht (M1) eine Identitätsangabe (id_{CA}) einer Zertifizierungscomputereinheit (CA), die ein
25 Netzzertifikat (CertN) oder eine Kette von Zertifikaten, deren letztes das Netzzertifikat (CertN) ist, liefert, das oder die von der ersten Computereinheit (U) verifiziert werden kann, aufweist,
- bei dem eine zweite Nachricht (M2) von der zweiten Computereinheit (N) an die erste Computereinheit (U) übertragen
30 wird, wobei die zweite Nachricht (M2) mindestens das Netzzertifikat (CertN) oder die Kette von Zertifikaten, deren letztes das Netzzertifikat (CertN) ist, aufweist, und
- bei dem in der ersten Computereinheit (U) das Netzzertifikat (CertN) oder die Kette von Zertifikaten, deren letztes
35 das Netzzertifikat (CertN) ist, verifiziert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

- bei dem eine dritte Nachricht (M3) von der ersten Computereinheit (U) an die zweite Computereinheit (N) übertragen wird, wobei die dritte Nachricht (M3) ein Benutzerzertifikat (CertU) oder eine Kette von Zertifikaten, deren letztes das Benutzerzertifikat (CertU) ist, aufweist,
- bei dem in der zweiten Computereinheit (N) das Benutzerzertifikat (CertU) oder die Kette von Zertifikaten, deren letztes das Benutzerzertifikat (CertU) ist, verifiziert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

- bei dem die erste Nachricht (M1) eine Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) und eine Identitätsangabe (id_{CA}) einer Zertifizierungscomputereinheit (CA), die der ersten Computereinheit (U) ein Netzzertifikat (CertN) liefert, das von der ersten Computereinheit (U) verifiziert werden kann, aufweist,
- bei dem eine vierte Nachricht (M4) von der zweiten Computereinheit (N) an die Zertifizierungscomputereinheit (CA) übertragen wird, wobei die vierte Nachricht (M4) mindestens den ersten Wert (g^t) als Eingangsgröße aufweist,
- bei dem eine fünfte Nachricht (M5), die mindestens das Netzzertifikat (CertN) oder eine Zertifikatskette, deren letztes Glied das Netzzertifikat (CertN) ist, oder das Benutzerzertifikat (CertU) oder eine Zertifikatskette, deren letztes Glied das Benutzerzertifikat (CertU) ist, aufweist, von der Zertifizierungscomputereinheit (CA) zu der zweiten Computereinheit (N) übertragen wird,

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

- bei dem eine vierte Nachricht (M4) von der zweiten Computereinheit (N) an die Zertifizierungscomputereinheit (CA) übertragen wird, wobei die vierte Nachricht (M4) mindestens den öffentlichen Netzschlüssel (g^s), den ersten Wert (g^t), die Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U)

als Eingangsgröße aufweist und wobei eine Ausgangsgröße einer dritten Hash-Funktion (h_3) unter Verwendung einer zweiten Signaturfunktion (Sig_N) signiert wird,

- 5 - bei dem in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) der erste signierte Term verifiziert wird,
- bei dem in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) ein dritter Term gebildet wird, der mindestens den ersten Wert (g^t), den öffentlichen Netzschlüssel (g^S) und eine Identitätsangabe (id_N) der zweiten Computereinheit (N) aufweist,
- 10 - bei dem in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) unter Verwendung einer vierten Hash-Funktion (h_4) ein Hash-Wert über den dritten Term gebildet wird,
- bei dem in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) der Hash-Wert über den dritten Term unter Verwendung einer
- 15 dritten Signaturfunktion (Sig_{CA}) signiert wird,
- bei dem in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) ein Netzzertifikat ($Cert_N$) gebildet wird, das mindestens den dritten Term und den signierten Hash-Wert des dritten Terms aufweist,
- 20 - bei dem in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) auf einen fünften Term der mindestens die Identitätsangabe (id_N) der zweiten Computereinheit (N) und ein Benutzerzertifikat ($Cert_U$) aufweist, eine vierte Hash-Funktion (h_4) angewendet wird,
- 25 - bei dem der Hash-Wert des fünften Terms durch Verwendung der dritten Signaturfunktion (Sig_{CA}) mit dem geheimen Zertifizierungsschlüssel (cs) signiert und das Ergebnis den zweiten signierten Term darstellt,
- bei dem eine fünfte Nachricht (M_5), die mindestens das
- 30 Netzzertifikat ($Cert_N$), den fünften Term und den zweiten signierten Term aufweist, von der Zertifizierungscomputereinheit (CA) zu der zweiten Computereinheit (N) übertragen wird,
- bei dem in der zweiten Computereinheit (N) das Netzzertifikat ($Cert_N$) und der zweite signierte Term verifiziert werden,
- 35

- bei dem in der zweiten Computereinheit (N) ein vierter
Term, der mindestens den öffentlichen Netzschlüssel (g^S)
und den signierten Hash-Wert des dritten Terms aufweist,
gebildet wird,
 - 5 - bei dem eine zweite Nachricht (M2) von der zweiten Compu-
tereinheit (N) an die erste Computereinheit (U) übertragen
wird, wobei die zweite Nachricht (M2) mindestens den vier-
ten Term aufweist, und
 - bei dem in der ersten Computereinheit (U) das Netzzertifi-
10 kat (CertN) verifiziert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
- bei dem die erste Nachricht (M1) eine Identitätsgröße
(IMUI) der ersten Computereinheit (U) und eine Identitäts-
15 angabe (id_{CA}) einer Zertifizierungscomputereinheit (CA),
die der ersten Computereinheit (U) ein Netzzertifikat
(CertN) oder eine Kette von Zertifikaten, deren letztes das
Netzzertifikat (CertN) ist, liefert, das oder die von der
ersten Computereinheit (U) verifiziert werden kann oder
20 können, aufweist,
 - bei dem eine vierte Nachricht (M4) von der zweiten Compu-
tereinheit (N) an die Zertifizierungscomputereinheit (CA)
übertragen wird, wobei die vierte Nachricht (M4) mindestens
ein Zertifikat auf den öffentlichen Netzschlüssel (g^S), den
25 ersten Wert (g^t) und die Identitätsgröße (IMUI) der ersten
Computereinheit (U) aufweist,
 - bei dem in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) ein
dritter Term gebildet wird, der mindestens den öffentlichen
Netzschlüssel (g^S) oder eine Größe, die den öffentlichen
30 Netzschlüssel (g^S) eindeutig bestimmt, aufweist,
 - bei dem in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) unter
Verwendung einer vierten Hash-Funktion (h_4) ein Hash-Wert
über den dritten Term gebildet wird,
 - bei dem in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) der
35 Hash-Wert über den dritten Term unter Verwendung einer
dritten Signaturfunktion (Sig_{CA}) signiert wird,

- bei dem eine fünfte Nachricht (M5), die mindestens den signierten Hash-Wert über den dritten Term aufweist, von der Zertifizierungscomputereinheit (CA) zu der zweiten Computereinheit (N) übertragen wird,
 - 5 - bei dem in der zweiten Computereinheit (N) der signierte Hash-Wert über den dritten Term verifiziert wird,
 - bei dem eine zweite Nachricht (M2) von der zweiten Computereinheit (N) an die erste Computereinheit (U) übertragen wird, wobei die zweite Nachricht (M2) mindestens den signierten Hash-Wert über den dritten Term aufweist, und
 - 10 - bei dem in der ersten Computereinheit (U) der signierte Hash-Wert über den dritten Term verifiziert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
- 15 bei dem der dritte Term einen öffentlichen Benutzersignaturschlüssel (KU) oder eine Größe, die den Benutzersignaturschlüssel (KU) eindeutig bestimmt, aufweist.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,
- 20 bei dem die fünfte Nachricht (M5) sowie die zweite Nachricht (M2) mindestens eine Kette von Zertifikaten aufweist.
12. Verfahren nach Anspruch 8,
- bei dem der fünfte Term einen Zeitstempel (TS) aufweist.
- 25
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
- bei dem der dritte Term einen Zeitstempel (TS) aufweist.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 13,
- 30 - bei dem in der ersten Computereinheit (U) vor Bildung der ersten Nachricht (M1) ein Zwischenschlüssel (L) gebildet wird, indem ein öffentlicher Schlüsselvereinbarungsschlüssel (g^u) mit der ersten Zufallszahl (t) potenziert wird,
- bei dem in der ersten Computereinheit (U) vor Bildung der
- 35 ersten Nachricht (M1) aus der Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) ein zweiter verschlüsselter Term (VT2) gebildet wird, indem die Identitätsgröße (IMUI) mit

dem Zwischenschlüssel (L) unter Anwendung einer Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird;

- bei dem die erste Nachricht (M1) anstatt der Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) den zweiten verschlüsselten Term (VT2) aufweist,
- bei dem die vierte Nachricht (M4) anstatt der Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) den zweiten verschlüsselten Term (VT2) aufweist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 14, bei dem in der fünften Nachricht (M5) das Netzzertifikat (CertN) oder eine Zertifikatskette, deren letztes Glied das Netzzertifikat (CertN) ist, oder das Benutzerzertifikat (CertU) oder eine Zertifikatskette, deren letztes Glied das Benutzerzertifikat (CertU) ist, mit L verschlüsselt ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 15, bei dem in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) mindestens eine der Größen, die Identitätsangabe (id_N) der zweiten Computereinheit (N), die Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U), der öffentliche Netzschlüssel (g^S), das Netzzertifikat (CertN) oder das Benutzerzertifikat (CertU) anhand einer Revokationsliste überprüft wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
- bei dem die erste Nachricht (M1) mindestens eine alte temporäre Identitätsgröße (TMUIO) der ersten Computereinheit (U) aufweist,
 - bei dem in der zweiten Computereinheit (N), nachdem die erste Nachricht (M1) empfangen wurde und bevor die zweite Nachricht (M2) gebildet wird, für die erste Computereinheit (U) eine neue temporäre Identitätsgröße (TMUIN) gebildet wird,
 - bei dem aus der neuen temporären Identitätsgröße (TMUIN) der ersten Computereinheit (U) ein fünfter verschlüsselter Term (VT5) gebildet wird, in dem die neue temporäre Identitätsgröße (TMUIN) der ersten Computereinheit (U) mit dem

Sitzungsschlüssel (K) unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird,

- bei dem die zweite Nachricht (M2) mindestens den fünften verschlüsselten Term (VT5) aufweist,
- 5 - bei dem in der ersten Computereinheit (U), nachdem die zweite Nachricht (M2) empfangen wurde und bevor die vierte Eingangsgröße gebildet wird, der fünfte verschlüsselte Term (VT5) entschlüsselt wird,
- bei dem die dritte Eingangsgröße für die erste Hash-
- 10 Funktion (h1) oder für die zweite Hash-Funktion (h2) zur Bildung der vierten Eingangsgröße mindestens die neue temporäre Identitätsgröße (TMUIN) der ersten Computereinheit (U) aufweist, und
- bei dem die dritte Nachricht (M3) nicht die Identitätsgröße
- 15 (IMUI) der ersten Computereinheit (U) aufweist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17,

- bei dem in der zweiten Computereinheit (N) eine Information zu dem Sitzungsschlüssel (K) enthaltende Antwort (A) gebil-
- 20 det wird,
- bei dem eine zweite Nachricht (M2) von der zweiten Computereinheit (N) an die erste Computereinheit (U) übertragen wird, wobei die zweite Nachricht (M2) mindestens die Antwort (A) aufweist, und
- 25 - bei dem in der ersten Computereinheit (U) der Sitzungsschlüssel (K) anhand der Antwort (A) überprüft wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18,

- bei dem die dritte Nachricht (M3) eine Identitätsgröße (IMUI)
- 30 der ersten Computereinheit (U) aufweist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19,

- bei dem in der zweiten Computereinheit (N) die erste Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion (h1) mindestens eine
- 35 zweite Zufallszahl (r) aufweist,
- bei dem die zweite Nachricht (M2) die zweite Zufallszahl (r) aufweist, und

- bei dem in der ersten Computereinheit (U) die zweite Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion (h1) mindestens die zweite Zufallszahl (r) aufweist.

5 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
bei dem die Größe bzw. die Größen wie in Anspruch 3 die zweite Zufallszahl (r) enthält bzw. enthalten.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21,

- 10 - bei dem in der ersten Computereinheit (U) vor Bildung der dritten Nachricht (M3) aus der Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) ein zweiter verschlüsselter Term (VT2) gebildet wird, in dem mindestens die Identitätsgröße (IMUI) mit dem Sitzungsschlüssel (K) unter Anwendung der
- 15 Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird,
- bei dem die dritte Nachricht (M3) den zweiten verschlüsselten Term (VT2) aufweist, und
 - bei dem in der zweiten Computereinheit (N), nachdem die dritte Nachricht (M3) empfangen wurde, der zweite verschlüsselte Term (VT2) entschlüsselt wird.
- 20

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22,

- bei dem die zweite Nachricht (M2) ein optionales erstes Datenfeld (dat1) aufweist und
- 25 - bei dem die dritte Eingangsgröße für die erste Hash-Funktion (h1) oder für die zweite Hash-Funktion (h2) zur Bildung der vierten Eingangsgröße mindestens das optionale erste Datenfeld (dat1) aufweist.

30 24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23,

- bei dem in der ersten Computereinheit (U) vor Bildung der dritten Nachricht (M3) ein dritter verschlüsselter Term (VT3) gebildet wird, indem mindestens ein optionales zweites Datenfeld (dat2) mit dem Sitzungsschlüssel (K) unter
- 35 Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird,

- bei dem die dritte Nachricht (M3) mindestens den dritten verschlüsselten Term (VT3) aufweist, und
- bei dem in der zweiten Computereinheit (N), nachdem die dritte Nachricht (M3) empfangen wurde, der dritte verschlüsselte Term (VT3) entschlüsselt wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 24,

- bei dem in der ersten Computereinheit (U) vor Bildung der dritten Nachricht (M3) ein erster verschlüsselter Term (VT1) gebildet wird, indem mindestens der Signaturterm unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird,
- bei dem die dritte Nachricht (M3) den ersten verschlüsselten Term (VT1) aufweist, und
- bei dem in der zweiten Computereinheit (N), nachdem die dritte Nachricht (M3) empfangen wurde und bevor der Signaturterm verifiziert wird, der erste verschlüsselte Term (VT1) entschlüsselt wird.

20 26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 25,

- bei dem in der zweiten Computereinheit (N) eine Antwort (A) gebildet wird, indem eine Konstante (const), sowie eventuell weitere Größen, die in der zweiten Computereinheit (N) und in der ersten Computereinheit (U) bekannt sind, mit dem Sitzungsschlüssel (K) unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt werden.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 26,

- bei dem in der ersten Computereinheit (U) die Antwort (A) überprüft wird, indem eine Konstante (const), sowie eventuell weitere Größen, mit dem Sitzungsschlüssel (K) unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird und das Ergebnis mit der Antwort (A) verglichen wird.

35 28. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 26,

- bei dem in der ersten Computereinheit (U) die Antwort (A) überprüft wird, indem die Antwort (A) mit dem Sitzungsschlüssel

sel (K) unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) entschlüsselt wird und eine entschlüsselte Konstante (const') mit einer Konstante (const), sowie eventuell weiteren Größen, verglichen wird.

5

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 28,

- bei dem in der zweiten Computereinheit (N) eine Antwort (A) gebildet wird, indem eine dritte Hash-Funktion (h3) angewendet wird auf eine Eingangsgröße, die mindestens den Sitzungsschlüssel (K) aufweist, und

10

- bei dem in der ersten Computereinheit (U) die Antwort (A) überprüft wird, indem die dritte Hash-Funktion (h3) angewendet wird auf die Eingangsgröße, die mindestens den Sitzungsschlüssel (K) aufweist, und das Ergebnis mit der Antwort (A) verglichen wird.

15

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 29,

bei dem die dritte Nachricht (M3) mindestens ein optionales zweites Datenfeld (dat2) aufweist.

20

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 30,

bei dem die erste Computereinheit (U) durch ein mobiles Kommunikationsendgerät und/oder die zweite Computereinheit (N) durch eine Authentifizierungseinheit in einem Mobil-Kommunikationsnetz gebildet wird/werden.

25

32. Anordnung zum rechnergestützten Austausch kryptographischer Schlüssel zwischen einer ersten Computereinheit (U) und einer zweiten Computereinheit (N), bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

30

- aus einer ersten Zufallszahl (t) wird mit Hilfe eines erzeugenden Elements (g) einer endlichen Gruppe in der ersten Computereinheit (U) ein erster Wert (g^t) gebildet,

35

- eine erste Nachricht (M1) wird von der ersten Computereinheit (U) an die zweite Computereinheit (N) übertragen, wo-

bei die ersten Nachricht (M1) mindestens den ersten Wert (g^t) aufweist,

- in der zweiten Computereinheit (N) wird ein Sitzungsschlüssel (K) mit Hilfe einer ersten Hash-Funktion (h1) gebildet, wobei eine erste Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion (h1) mindestens einen ersten Term aufweist, der gebildet wird durch eine Exponentiation des ersten Werts (g^t) mit einem geheimen Netzschlüssel (s),
- in der ersten Computereinheit (U) wird der Sitzungsschlüssel (K) gebildet mit Hilfe der ersten Hash-Funktion (h1), wobei eine zweite Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion (h1) mindestens einen zweiten Term aufweist, der gebildet wird durch eine Exponentiation eines öffentlichen Netzschlüssels (g^S) mit der ersten Zufallszahl (t),
- in der ersten Computereinheit (U) wird mit Hilfe einer zweiten Hash-Funktion (h2) oder der ersten Hash-Funktion (h1) eine vierte Eingangsgröße gebildet wird, wobei eine dritte Eingangsgröße für die erste Hash-Funktion (h1) oder für die zweite Hash-Funktion (h2) zur Bildung der vierten Eingangsgröße eine oder weitere Größen aufweist, aus denen auf den Sitzungsschlüssel eindeutig rückgeschlossen werden kann.
- in der ersten Computereinheit (U) wird ein Signaturterm aus mindestens der vierten Eingangsgröße gebildet unter Anwendung einer ersten Signaturfunktion (Sig),
- eine dritte Nachricht (M3) wird von der ersten Computereinheit (U) an die zweite Computereinheit (N) übertragen, wobei die dritte Nachricht (M3) mindestens den Signaturterm der ersten Computereinheit (U) aufweist, und
- in der zweiten Computereinheit (N) wird der Signaturterm verifiziert.

33. Anordnung nach Anspruch 31,

bei dem der geheime Netzschlüssel und/oder der öffentliche Netzschlüssel langlebige Schlüssel ist/sind.

34. Anordnung nach Anspruch 32 oder 33,

bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß die dritte Eingangsgröße mehrere Größen aufweist, aus denen auf den Sitzungsschlüssel eindeutig rückgeschlossen werden kann.

5

35. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 34, bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß die Größe bzw. die Größen mindestens zumindest den ersten Wert (g^t) und/oder den öffentlichen Netzschlüssel (g^S) enthält bzw. enthalten.

10

36. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 35, bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

15

- die erste Nachricht (M1) weist eine Identitätsangabe (id_{CA}) einer Zertifizierungscomputereinheit (CA), die ein Netzzertifikat (CertN) oder eine Kette von Zertifikaten, deren letztes das Netzzertifikat (CertN) ist, liefert, das oder die von der ersten Computereinheit (U) verifiziert werden kann, auf,

20

- eine zweite Nachricht (M2) wird von der zweiten Computereinheit (N) an die erste Computereinheit (U) übertragen, wobei die zweite Nachricht (M2) mindestens das Netzzertifikat (CertN) oder die Kette von Zertifikaten, deren letztes das Netzzertifikat (CertN) ist, aufweist, und

25

- in der ersten Computereinheit (U) wird das Netzzertifikat (CertN) oder die Kette von Zertifikaten, deren letztes das Netzzertifikat (CertN) ist, verifiziert wird.

30

37. Anordnung nach Anspruch 36, bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

35

- eine dritte Nachricht (M3) wird von der ersten Computereinheit (U) an die zweite Computereinheit (N) übertragen, wobei die dritte Nachricht (M3) ein Benutzerzertifikat

(CertU) oder eine Kette von Zertifikaten, deren letztes das Benutzerzertifikat (CertU) ist, aufweist,

- in der zweiten Computereinheit (N) wird das Benutzerzertifikat (CertU) oder die Kette von Zertifikaten, deren letztes das Benutzerzertifikat (CertU) ist, verifiziert.

38. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 37, bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- die erste Nachricht (M1) weist eine Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) und eine Identitätsangabe (id_{CA}) einer Zertifizierungscomputereinheit (CA), die der ersten Computereinheit (U) ein Netzzertifikat (CertN) liefert, das von der ersten Computereinheit (U) verifiziert werden kann, auf,
- eine vierte Nachricht (M4) wird von der zweiten Computereinheit (N) an die Zertifizierungscomputereinheit (CA) übertragen, wobei die vierte Nachricht (M4) mindestens den ersten Wert (g^t) als Eingangsgröße aufweist,
- eine fünfte Nachricht (M5), die mindestens das Netzzertifikat (CertN) oder eine Zertifikatskette, deren letztes Glied das Netzzertifikat (CertN) ist, oder das Benutzerzertifikat (CertU) oder eine Zertifikatskette, deren letztes Glied das Benutzerzertifikat (CertU) ist, aufweist, wird von der Zertifizierungscomputereinheit (CA) zu der zweiten Computereinheit (N) übertragen,

39. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 38,

bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- eine vierte Nachricht (M4) wird von der zweiten Computereinheit (N) an die Zertifizierungscomputereinheit (CA) übertragen, wobei die vierte Nachricht (M4) mindestens den öffentlichen Netzschlüssel (g^s), den ersten Wert (g^t), die Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) als

- Eingangsgröße aufweist und wobei eine Ausgangsgröße einer dritten Hash-Funktion (h_3) unter Verwendung einer zweiten Signaturfunktion (Sig_N) signiert wird,
- in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) wird der erste signierte Term verifiziert,
 - in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) wird ein dritter Term gebildet, der mindestens den ersten Wert (g^t), den öffentlichen Netzschlüssel (g^S) und eine Identitätsangabe (id_N) der zweiten Computereinheit (N) aufweist,
 - in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) wird unter Verwendung einer vierten Hash-Funktion (h_4) ein Hash-Wert über den dritten Term gebildet,
 - in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) wird der Hash-Wert über den dritten Term unter Verwendung einer dritten Signaturfunktion (Sig_{CA}) signiert,
 - in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) wird ein Netzzertifikat (CertN) gebildet, das mindestens den dritten Term und den signierten Hash-Wert des dritten Terms aufweist,
 - in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) wird auf einen fünften Term, der mindestens die Identitätsangabe (id_N) der zweiten Computereinheit (N) und ein Benutzerzertifikat (CertU) aufweist, eine vierte Hash-Funktion (h_4) angewendet,
 - der Hash-Wert des fünften Terms wird durch Verwendung der dritten Signaturfunktion (Sig_{CA}) mit dem geheimen Zertifizierungsschlüssel (cs) signiert und das Ergebnis stellt den zweiten signierten Term dar,
 - eine fünfte Nachricht (M5), die mindestens das Netzzertifikat (CertN), den fünften Term und den zweiten signierten Term aufweist, wird von der Zertifizierungscomputereinheit (CA) zu der zweiten Computereinheit (N) übertragen,
 - in der zweiten Computereinheit (N) werden das Netzzertifikat (CertN) und der zweite signierte Term verifiziert,
 - in der zweiten Computereinheit (N) wird ein vierter Term, der mindestens den öffentlichen Netzschlüssel (g^S) und den signierten Hash-Wert des dritten Terms aufweist, gebildet,

- eine zweite Nachricht (M2) wird von der zweiten Computereinheit (N) an die erste Computereinheit (U) übertragen, wobei die zweite Nachricht (M2) mindestens den vierten Term aufweist, und
- 5 - in der ersten Computereinheit (U) wird das Netzzertifikat (CertN) verifiziert.

40. Anordnung nach einem der Ansprüche 33 bis 39, bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- die erste Nachricht (M1) weist eine Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) und eine Identitätsangabe (id_{CA}) einer Zertifizierungscomputereinheit (CA), die der ersten Computereinheit (U) ein Netzzertifikat (CertN) oder eine Kette von Zertifikaten, deren letztes das Netzzertifikat (CertN) ist, liefert, das oder die von der ersten Computereinheit (U) verifiziert werden kann oder können, auf,
- 15 - eine vierte Nachricht (M4) wird von der zweiten Computereinheit (N) an die Zertifizierungscomputereinheit (CA) übertragen, wobei die vierte Nachricht (M4) mindestens ein Zertifikat auf den öffentlichen Netzschlüssel (g^S), den ersten Wert (g^t) und die Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) aufweist,
- 20 - in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) wird ein dritter Term gebildet, der mindestens einen öffentlichen Netzschlüssel (g^S) oder eine Größe, die den öffentlichen Netzschlüssel (g^S) eindeutig bestimmt, aufweist,
- in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) wird unter Verwendung einer vierten Hash-Funktion (h_4) ein Hash-Wert über den dritten Term gebildet,
- 30 - in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) wird der Hash-Wert über den dritten Term unter Verwendung einer dritten Signaturfunktion (Sig_{CA}) signiert,
- 35 - eine fünfte Nachricht (M5), die mindestens den signierten Hash-Wert über den dritten Term aufweist, wird von der Zer-

tifizierungscomputereinheit (CA) zu der zweiten Computereinheit (N) übertragen,

- in der zweiten Computereinheit (N) wird der signierte Hash-Wert über den dritten Term verifiziert,
- 5 - eine zweite Nachricht (M2) wird von der zweiten Computereinheit (N) an die erste Computereinheit (U) übertragen, wobei die zweite Nachricht (M2) mindestens den den signierten Hash-Wert über den dritten Term aufweist, und
- in der ersten Computereinheit (U) wird der signierte Hash-
- 10 Wert über den dritten Term verifiziert.

41. Anordnung nach Anspruch 40,

- bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:
- 15 der dritte Term weist den öffentlichen Benutzersignaturschlüssel (KU) oder eine Größe, die den Benutzersignaturschlüssel (KU) eindeutig bestimmt, auf.

20 42. Anordnung nach Anspruch 40 oder 41,

- bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:
- die fünfte Nachricht (M5) sowie die zweite Nachricht (M2)
- 25 weist mindestens eine Kette von Zertifikaten auf.

43. Anordnung nach einem der Ansprüche 38 bis 42,

- bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:
- 30 der fünfte Term weist einen Zeitstempel (TS) auf.

44. Anordnung nach einem der Ansprüche 38 bis 43,

- bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:
- 35 der dritte Term weist einen Zeitstempel (TS) auf.

45. Anordnung nach einem der Ansprüche 38 bis 44,

bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- in der ersten Computereinheit (U) wird vor Bildung der ersten Nachricht (M1) ein Zwischenschlüssel (L) gebildet wird, indem ein öffentlicher Schlüsselvereinbarungsschlüssel (g^u) mit der ersten Zufallszahl (t) potenziert,
- 10 - in der ersten Computereinheit (U) wird vor Bildung der ersten Nachricht (M1) aus der Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) ein zweiter verschlüsselter Term (VT2) gebildet wird, indem die Identitätsgröße (IMUI) mit dem Zwischenschlüssel (L) unter Anwendung einer Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt,
- 15 - die erste Nachricht (M1) weist anstatt der Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) den zweiten verschlüsselten Term (VT2) auf,
- bei der die vierte Nachricht (M4) anstatt der Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) den zweiten verschlüsselten Term (VT2) aufweist.
- 20

46. Anordnung nach einem der Ansprüche 38 bis 45,

25 bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- in der fünften Nachricht (M5) ist das Netzzertifikat (CertN) oder eine Zertifikatskette, deren letztes Glied das Netzzertifikat (CertN) ist, oder das Benutzerzertifikat (CertU) oder eine Zertifikatskette, deren letztes Glied das Benutzerzertifikat (CertU) ist, mit L verschlüsselt.
- 30

35 47. Anordnung nach einem der Ansprüche 38 bis 46,

bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

in der Zertifizierungscomputereinheit (CA) wird mindestens
 5 eine der Größen, die Identitätsangabe (id_N) der zweiten Computereinheit (N), die Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U), der öffentliche Netzschlüssel (g^S), das Netzzertifikat (CertN) oder das Benutzerzertifikat (CertU) anhand einer Revokationsliste überprüft.

10

48. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 47, bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- 15 - die erste Nachricht (M1) weist mindestens eine alte temporäre Identitätsgröße (TMUIO) der ersten Computereinheit (U) auf,
- in der zweiten Computereinheit (N) wird, nachdem die erste Nachricht (M1) empfangen wurde und bevor die zweite Nachricht (M2) gebildet wird, für die erste Computereinheit (U)
 20 eine neue temporäre Identitätsgröße (TMUIN) gebildet,
- aus der neuen temporären Identitätsgröße (TMUIN) der ersten Computereinheit (U) wird ein fünfte verschlüsselter Term (VT5) gebildet, indem die neue temporäre Identitätsgröße (TMUIN) der ersten Computereinheit (U) mit dem Sitzungsschlüssel (K) unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird,
 25
- die zweite Nachricht (M2) weist mindestens den fünften verschlüsselten Term (VT5) auf,
- 30 - in der ersten Computereinheit (U) wird, nachdem die zweite Nachricht (M2) empfangen wurde und bevor die vierte Eingangsgröße gebildet wird, der fünfte verschlüsselte Term (VT5) entschlüsselt,
- die dritte Eingangsgröße für die erste Hash-Funktion (h1) oder für die zweite Hash-Funktion (h2) zur Bildung der
 35 vierten Eingangsgröße weist mindestens die neue temporäre

Identitätsgröße (TMUIN) der ersten Computereinheit (U) auf,
und

- die dritte Nachricht (M3) weist nicht die Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) auf.

5

49. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 48,
bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- 10 - in der zweiten Computereinheit (N) wird eine Information zu dem Sitzungsschlüssel (K) enthaltende Antwort (A) gebildet,
- eine zweite Nachricht (M2) wird von der zweiten Computereinheit (N) an die erste Computereinheit (U) übertragen, wobei die zweite Nachricht (M2) mindestens die Antwort (A)
- 15 aufweist, und
- in der ersten Computereinheit (U) wird der Sitzungsschlüssel (K) anhand der Antwort (A) überprüft.

50. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 49,
20 bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:
die dritte Nachricht (M3) weist eine Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) auf.

25

51. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 48,
bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- 30 - in der zweiten Computereinheit (N) weist die erste Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion (h1) mindestens eine zweite Zufallszahl (r) auf,
- die zweite Nachricht (M2) weist die zweite Zufallszahl (r) auf, und
- 35 - in der ersten Computereinheit (U) weist die zweite Eingangsgröße der ersten Hash-Funktion (h1) mindestens die zweite Zufallszahl (r) auf.

52. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 47,

bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß die Größe bzw.
5 die Größen nach Anspruch 34 die zweite Zufallszahl (r) enthält bzw. enthalten.

53. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 51,

10 bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- in der ersten Computereinheit (U) wird vor Bildung der dritten Nachricht (M3) aus der Identitätsgröße (IMUI) der ersten Computereinheit (U) ein zweiter verschlüsselter Term
15 (VT2) gebildet, indem mindestens die Identitätsgröße (IMUI) mit dem Sitzungsschlüssel (K) unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird,
- die dritte Nachricht (M3) weist den zweiten verschlüsselten Term (VT2) auf, und
- 20 - in der zweiten Computereinheit (N) wird, nachdem die dritte Nachricht (M3) empfangen wurde, der zweite verschlüsselte Term (VT2) entschlüsselt.

54. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 53,

25 bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- die zweite Nachricht (M2) weist ein optionales erstes Datenfeld (dat1) auf, und
- 30 - die dritte Eingangsgröße für die erste Hash-Funktion (h1) oder für die zweite Hash-Funktion (h2) zur Bildung der vierten Eingangsgröße weist mindestens das optionale erste Datenfeld (dat1) auf.

35 55. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 54,

bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- 5 - in der ersten Computereinheit (U) wird vor Bildung der dritten Nachricht (M3) ein dritter verschlüsselter Term (VT3) gebildet, indem mindestens ein optionales zweites Datenfeld (dat2) mit dem Sitzungsschlüssel (K) unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird,
- 10 - die dritte Nachricht (M3) weist mindestens den dritten verschlüsselten Term (VT3) auf, und
- in der zweiten Computereinheit (N) wird, nachdem die dritte Nachricht (M3) empfangen wurde, der dritte verschlüsselte Term (VT3) entschlüsselt.

15 56. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 55, bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- 20 - in der ersten Computereinheit (U) wird vor Bildung der dritten Nachricht (M3) ein erster verschlüsselter Term (VT1) gebildet, indem mindestens der Signaturterm unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird,
- 25 - die dritte Nachricht (M3) weist den ersten verschlüsselten Term (VT1) auf, und
- in der zweiten Computereinheit (N) wird, nachdem die dritte Nachricht (M3) empfangen wurde und bevor der Signaturterm verifiziert wird, der erste verschlüsselte Term (VT1) entschlüsselt.

30

57. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 56, bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

- 35 in der zweiten Computereinheit (N) wird eine Antwort (A) gebildet, indem eine Konstante (const), sowie eventuell weitere Größen, die in der zweiten Computereinheit (N) und in der er-

sten Computereinheit (U) bekannt sind, mit dem Sitzungsschlüssel (K) unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird.

- 5 58. Anordnung nach einem der Ansprüche 44 bis 57,
bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:
in der ersten Computereinheit (U) wird die Antwort (A) überprüft, indem eine Konstante (const) sowie eventuell weitere Größen, mit dem Sitzungsschlüssel (K) unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) verschlüsselt wird und das Ergebnis mit der Antwort (A) verglichen wird.
- 10
- 15 59. Anordnung nach einem der Ansprüche 44 bis 57,
bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:
in der ersten Computereinheit (U) wird die Antwort (A) überprüft, indem die Antwort (A) mit dem Sitzungsschlüssel (K) unter Anwendung der Verschlüsselungsfunktion (Enc) entschlüsselt wird und eine entschlüsselte Konstante (const') sowie eventuell weitere Größen, mit einer Konstante (const) verglichen wird.
- 20
- 25 60. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 59,
bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:
- 30 - in der zweiten Computereinheit (N) wird eine Antwort (A) gebildet, indem eine dritte Hash-Funktion (h3) angewendet wird auf eine Eingangsgröße, die mindestens den Sitzungsschlüssel (K) aufweist, und
- in der ersten Computereinheit (U) wird die Antwort (A)
- 35 überprüft, indem die dritte Hash-Funktion (h3) angewendet wird auf eine Eingangsgröße, die mindestens den Sitzungs-

schlüssel (K) aufweist, und das Ergebnis mit der Antwort
(A) verglichen wird.

61. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 60,
5 bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:
die dritte Nachricht (M3) weist mindestens ein optionales
zweites Datenfeld (dat2) auf.
- 10 62. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 61,
bei der die erste Computereinheit (U) und die zweite Computereinheit (N) derart eingerichtet sind, daß folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:
- 15 die erste Computereinheit (U) durch ein mobiles Kommunikationsendgerät und/oder die zweite Computereinheit (N)
wird/werden durch eine Authentifizierungseinheit in einem Mobil-Kommunikationsnetz gebildet.

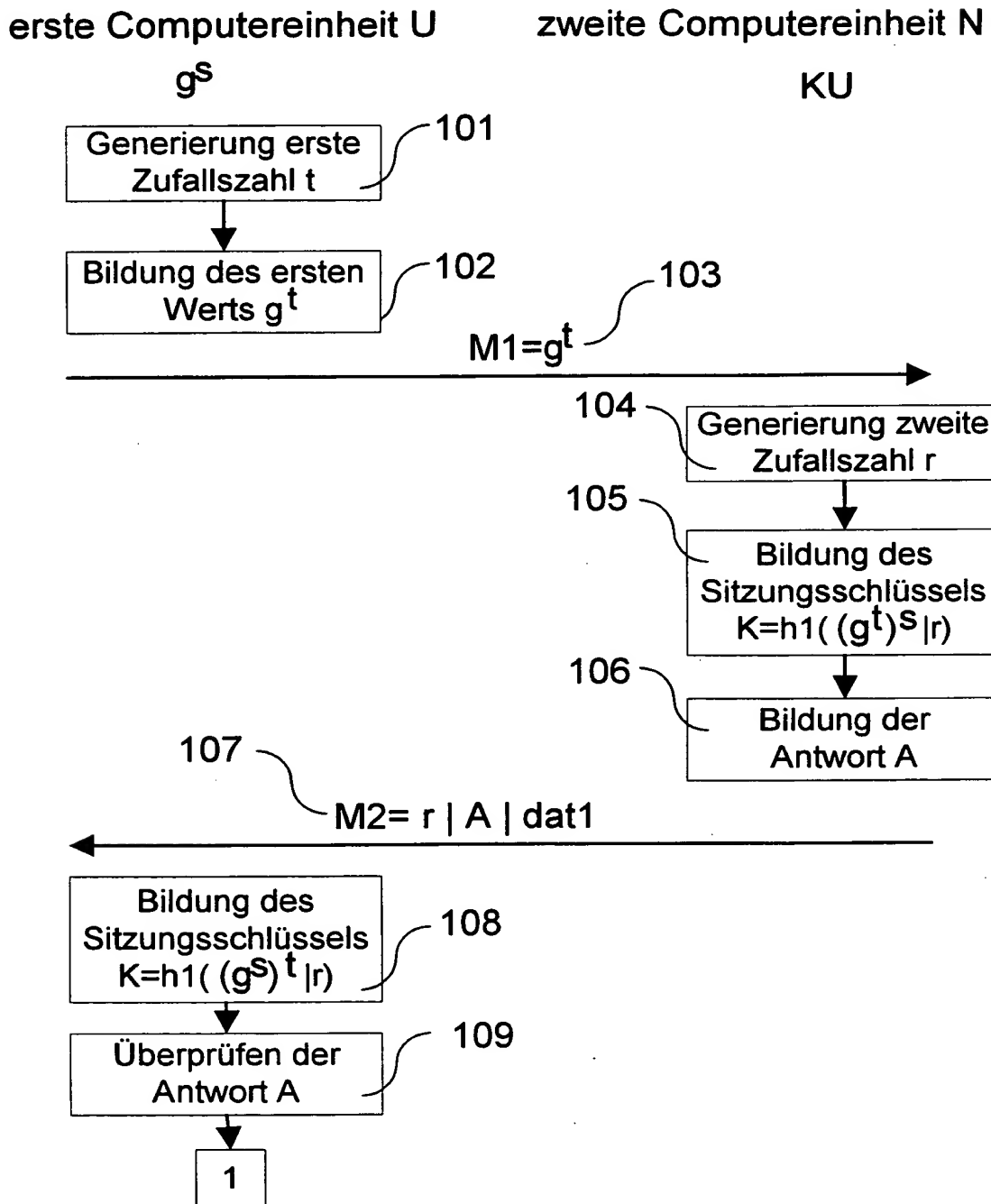
Zusammenfassung

Verfahren und Anordnung zum rechnergestützten Austausch kryptographischer Schlüssel zwischen einer ersten Computereinheit
5 und einer zweiten Computereinheit

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, mit dem ein Sitzungsschlüssel (K) zwischen einer ersten Computereinheit (U) und
10 einer zweiten Computereinheit (N) vereinbart werden kann, ohne daß ein unbefugter Dritter nützliche Information bezüglich
der Schlüssel oder der Identität der ersten Computereinheit (U) erhalten kann. Dies wird erreicht durch die Einbettung
des Prinzips des El-Gamal Schlüsselaustauschs in das Verfahren
15 mit einer zusätzlichen Bildung einer digitalen Unterschrift über einen Hash-Wert, dessen Eingangsgröße mindestens
Größen, aus denen auf den Sitzungsschlüssel eindeutig rückgeschlossen werden kann, aufweist.

1/6

FIG 1

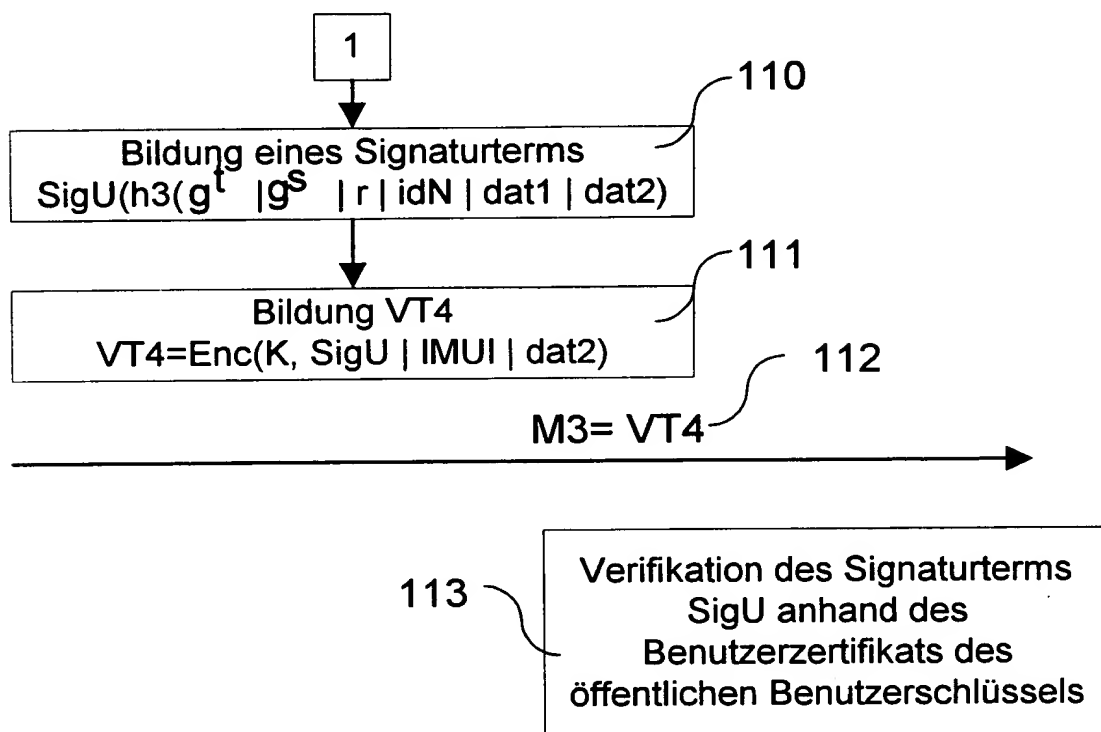


2/6

FIG 1

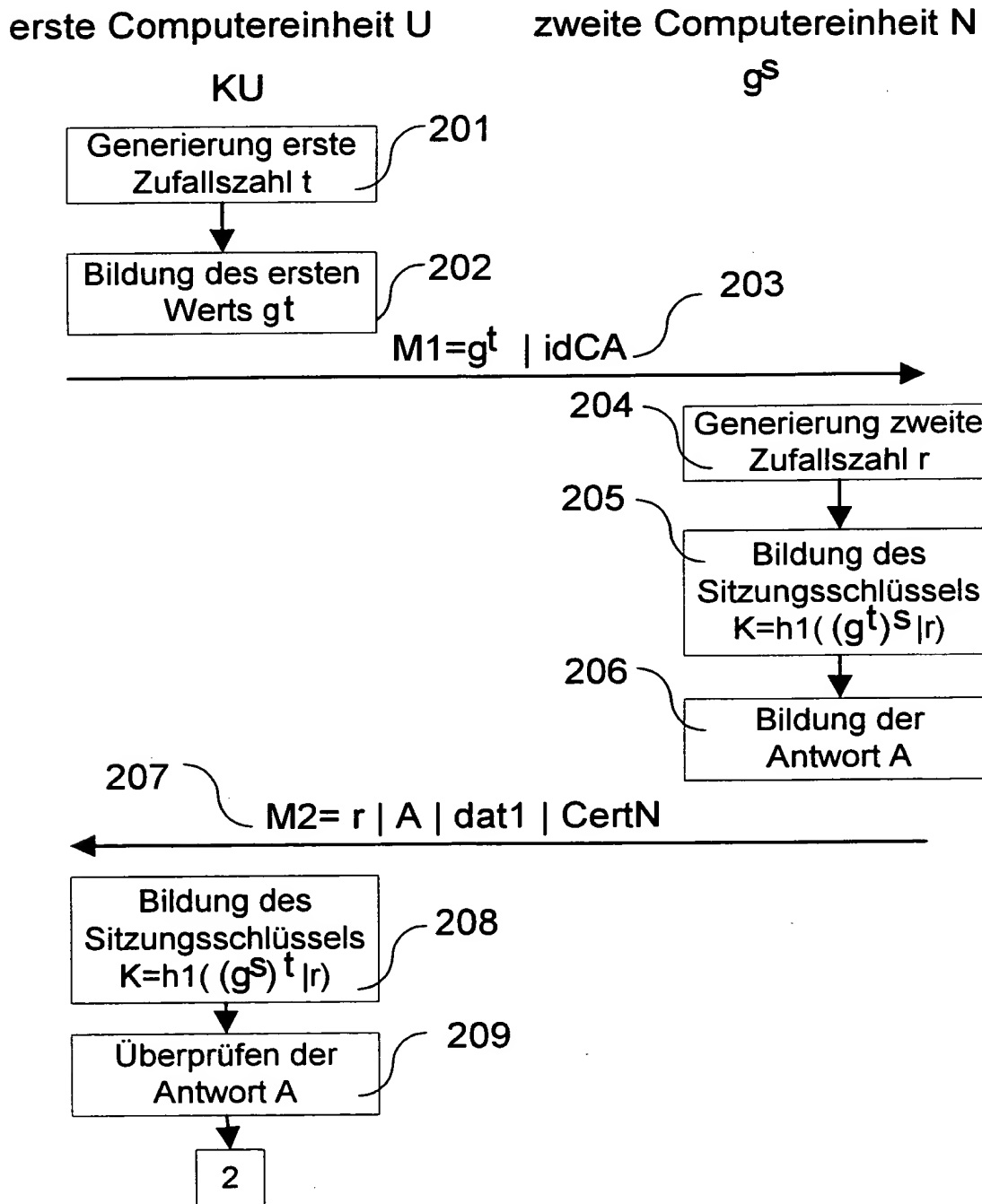
erste Computereinheit U

zweite Computereinheit N



3/6

FIG 2

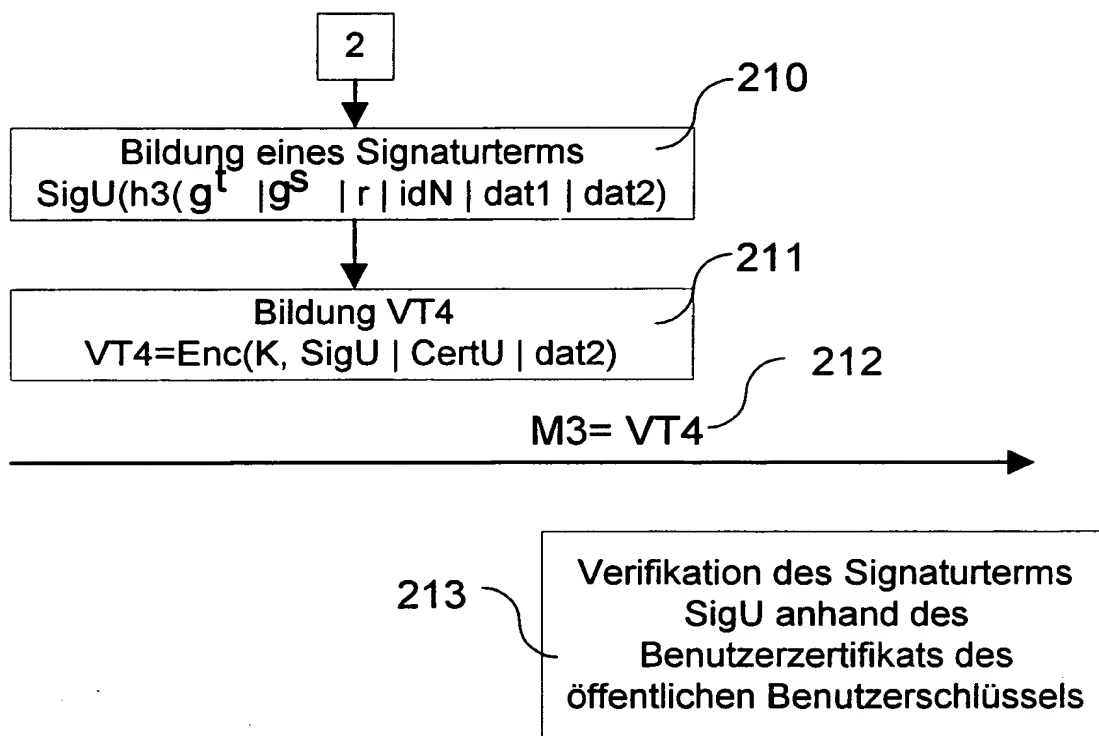


4/6

FIG 2

erste Computereinheit U

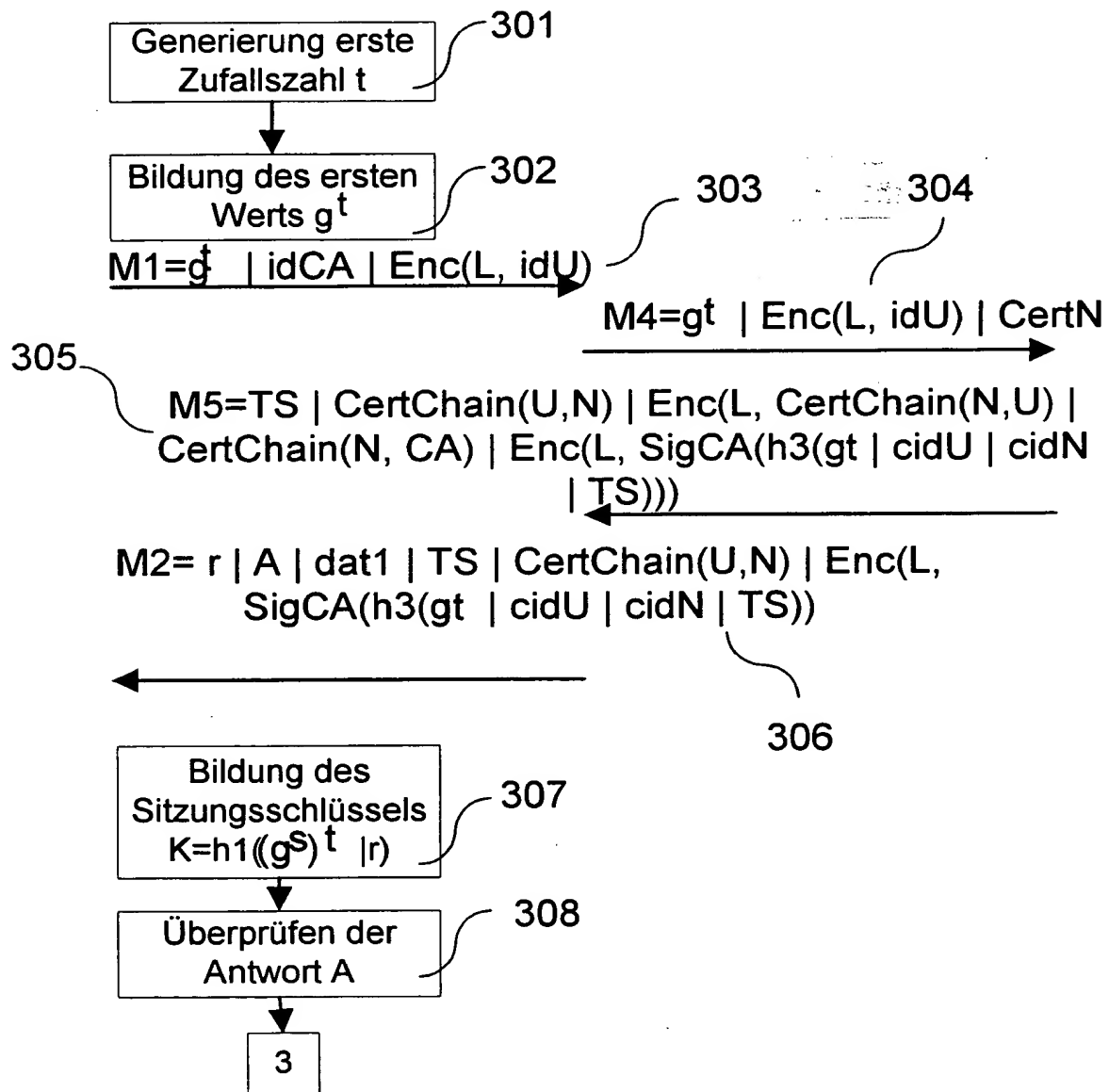
zweite Computereinheit N



5/6

FIG 3

erste Computereinheit U Zertifizierungscomputereinheit CA
 g^U zweite Computereinheit N

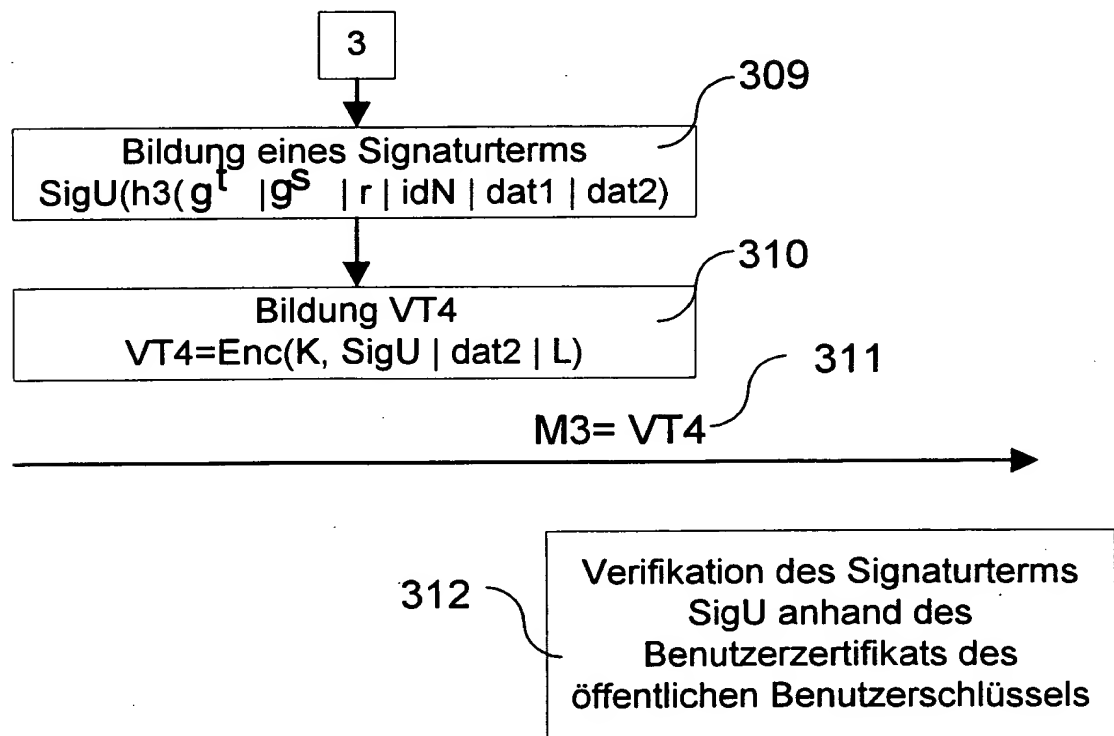


6/6

FIG 3

erste Computereinheit U

zweite Computereinheit N



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)